

د. محمود سري طه

الطاقة التقليدية والنووية

في مصر والعالم



الطاقة العقلية والنفسية في مصر والعالم

دكتور محمود سرى طه



المكتبة العربية للطباعة والنشر

١٩٨٦

الاخراج الفنى : الير جودجى

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

« وقل رب زدني علما »

صلق الله العظيم

إهداء

الى روح والدى ووالدتي رحمهما الله

الى شريكة حياتي ٠٠٠ أم اولادى

وائل - نادر - برون

أهدي هذا الكتاب

شكر وتقدير

يشكر مؤلف هذا الكتاب أستاذه الجليل
الاستاذ الدكتور / محمود عبد الباقي القشيري
صاحب فكرة تأليف الكتاب لتوجيهاته القيمة
كما يشكر السيد الدكتور / عماد الشرقاوى
نائب رئيس هيئة كهرباء مصر على تشجيعه
الأدبي وإرشاداته .

محمود مري

مقدمة

مما لا شك فيه ان أزمة الطاقة أصبحت الشغل الشاغل لعالم اليوم وأصبحت حقول انتاج الطاقة والطرق التي تسلكها من حقول الانتاج الى مراكز الاستهلاك هي بؤرة الصراعات العالمية مهما اختلفت هوية المتصارعين وأيديولوجياتهم ومحورا لاستراتيجيات الدول في علاقاتهم المتبادلة مع بعضها البعض .

وتتلخص أزمة الطاقة في صعوبة اجراء التوازن بين كميات الانتاج والطلب أو الاستهلاك فالطلب العالمي على الطاقة في تزايد مستمر ومع معدلات استكشاف الحقول الجديدة أو تطوير الحقول الحالية تجعل من الاعتقاد بقرب نضوب هذه الحقول أو المصادر حقيقة مؤكدة حتى ان كل الخبراء العالميين توقعوا نضوب المصادر التقليدية للنفط خلال العقدین الأولین من القرن الحادی والعشرين هذا ما لم تتخذ اجراءات فعالة للكشف عن مصادر جديدة للطاقة وتطوير الحقول المتواجدة حاليا مع تطوير التكنولوجيات القائمة وتدخل الحكومات والهيئات الدولية لدعم الاستثمارات لمواجهة عمليات الاستكشاف والتطوير . هذا بطبيعة الحال جنبا الى جنب مع السير قديما في اجراءات ترشيد استهلاك الطاقة .

وأزمة الطاقة هذه وان ظهرت بوادرها مع بداية عقد السبعينات الا ان ذروة الاحساس بها لم يتبلور الا بعد حرب رمضان - أكتوبر ١٩٧٣ المجيدة وفرض الحظر البترولي على الدول غير الصديقة للعرب .

ومنذ ذلك الوقت اتخذت عدة اجراءات من جانبى الدول المصدرة والدول الرئيسية المستهلكة للطاقة بنية الوصول الى حل للأزمة يرضى عنه الجانبان . فظهرت أبحاث ومؤلفات وعقدت مؤتمرات لمناقشة الأزمة أما ضمن اطار مؤتمرات للحوار بين الشمال والجنوب (المحاولة وضع أسس اقتصادية تنظم العلاقات بين دول العالم في هذا المجال . وهذه انتهت تقريبا بالفشل في الوصول الى توصيات فعالة) أو مؤتمرات عقدت خصيصا للطاقة كمؤتمرى اسطنبول عام ١٩٧٧ ونيروى عام ١٩٨١

(والتي انتهت الى توصيات لم تظهر آثارها بشكل فعال بعد) . أو مؤتمرات بين أعضاء منظمة الدول العربية المصدرة للنفط (أوابك) لوضع سياسة موحدة للأسعار ومعدلات الإنتاج (وهذه نجحت في تحقيق بعض المكاسب السياسية من جراء ذلك) أو اجتماعات بين الدول الرئيسية المستهلكة للطاقة (أعضاء الوكالة الدولية للطاقة وهي تناظر منظمة أوبك) أو أحيانا بين دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية . أو دول السوق الأوروبية المشتركة وذلك لوضع سياسة موحدة تجاه الأوبك .

والحقيقة فإن موضوع الطاقة متشعب الجوانب ويصعب تغطيته في كتاب واحد . وقد رأيت أن يتناول هذا الكتاب الطاقة التقليدية والطاقة النووية وهما يمثلان الجانب الأعظم من مصدر الطاقة المعروفة . وقد تناول هذا الكتاب هذان الجانبان في بابين رئيسيين :

الباب الأول : وهو الطاقة التقليدية وحرر في سبعة فصول هي

الفصل الأول : عرض لازمة الطاقة وتطورات حلها واحتوائها .

ويشمل هذا الفصل على عرض موجز لمصادر الطاقة التقليدية وغير التقليدية - الظروف العالمية في الماضي والحاضر - مواقف أو سياسات الدول المنتجة والدول المستهلكة الرئيسية للنفط - الاحتمالات المستقبلية للطاقة في العالم - تصورات احتواء أزمة الطاقة .

الفصل الثاني : النفط .

ويشمل هذا الفصل على عرض موجز لأنواع النفط التقليدية وغير التقليدية واحتياطيات العالم من كل منها ثم التحليل والتعليق بالنسبة لكل منها - عرض للتكنولوجيا المتاحة والبرامج العالمية لاستخراج النفط غير التقليدية - عرض الشروط اللازمة للحصول على أعلى طاقة انتاجية للنفط .

الفصل الثالث : الغاز الطبيعي .

ويشمل هذا الفصل على عرض للمشاكل الأساسية لاستخدامات الغاز الطبيعي ثم تقديرات الطاقة الانتاجية العالمية له حاضرا ومستقبلا وتحليل وتعليق عليها - التوقعات المستقبلية للطلب على الغاز في كل من أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية واليابان - توقعات التجارة الدولية للغاز الطبيعي مستقبلا .

الفصل الرابع : الفحم .

ويشمل هذا الفصل على الوضع العالمى للفحم وتقديرات احتياطياته وانتاجه مستقبليا ثم تحليل وتقييم للبيانات من حيث مناطق تواجد الفحم ، ثم انتاجه وامكانيات زيادة هذا الانتاج ثم تعليق وعرض للآراء من حيث العوامل التى يمكن ان تعوق زيادة الانتاج وامكانية مواجهة عائق الزجاجة بالنسبة لتواجد الفحم ثم بالنسبة لحركة التجارة العالمية للفحم - تصورات لدور الحكومات والهيئات الدولية لتشجيع التحول لاستخدام الفحم وعرض لحدى وجهات النظر بالنسبة لتغيير الفحم وأخيرا خلاصة السياسة الفحمية فى العالم .

الفصل الخامس : الطاقة المائية .

ويشمل هذا الفصل على عرض للمرايا الأساسية للطاقة المائية - التطور فى استغلالها - العوامل التى تؤثر على تطوير هذه المصادر متطلبات التطور العالمى المستقبل لها تقدير للاستثمارات اللازمة ثم تحليل للبيانات .

الفصل السادس : مصادر الطاقة التقليدية فى مصر .

ويشمل هذا الفصل على مقارنة سريعة بين احتياطيات مصر الى احتياطيات العالم من مصادر الطاقة التقليدية ثم عرض سريع بالنسبة لمصادر الطاقة فيها من المتروك والغاز الطبيعى والفحم والطاقة المائية وتطورات انتاج واستهلاك الطاقة ومواقع انتاجها ومجهودات الوزارات المعنية .

الفصل السابع : تكنولوجيا تخزين الطاقة .

ويشمل هذا الفصل على تطور فكرة تخزين الطاقة وسائل التخزين المختلفة مع عرض تفصيلي للوسائل التجارية منها .

والباب الثانى : عن الطاقة النووية وحرر فى ستة فصول هى :

الفصل الأول : تعريف بالطاقة النووية وتطوراتها فى العالم .

ويشمل هذا الفصل على لمحة تاريخية ونبذة عن الوضع العالمى للطاقة النووية - كيفية عمل محطات توليد الكهرباء وأنواع المفاعلات النووية مع نبذة عن موضوع طاقة الاندماج النووى - عرض المعلومات والرقام ذات دلالة خاصة لافقاء الضوء على حجم إيجابيات وسلبيات

استخدام الطاقة النووية ثم عرض لحجم النفايات النووية وطرق التخلص منها .

الفصل الثاني : دور الطاقة النووية لحل مشكلة الطاقة في العالم .

ويشمل هذا الفصل على عرض لتدرج نسبة مساهمة الطاقة النووية في مواجهة الطلب على الطاقة الكهربائية - تقديرات معدلات التنمية النووية - عرض للسيناريوهات النووية في العالم .

الفصل الثالث : الوقود النووي .

ويشمل هذا الفصل على تقديرات الطلب على الوقود النووي في العالم وفقا للسيناريوهات النووية المختلفة تقديرات لمصادر اليورانيوم في العالم من تقليدية وغير تقليدية والمصادر غير المستكشفة لليورانيوم وتصور متطلبات الاستكشاف لمقابلة الطلب العالمي عليه التحسينات في استغلال الوقود والمتطلبات العالمية لأعمال فصلة خلاصة وتعليق عن وضع ومستقبل الطاقة النووية في العالم .

الفصل الرابع : حول العالم مع الطاقة النووية .

ويشمل هذا الفصل على بيان لواقع وعدد وسعة المفاعلات النووية القائمة والمزمع انشاؤها في العالم وعرض لسياسات انشاء المحطات النووية في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا ودول أوروبا الغربية واليابان ودول الكتلة الشرقية ثم التعليق .

الفصل الخامس : مصر وعصر الطاقة النووية .

ويشمل هذا الفصل على أسباب حتمية الطاقة النووية لمصر والجهود المصرية المبذولة للانتقال الى عصر الطاقة النووية - عرض وتحليل لمجالات تعاون الدول النووية مع مصر بالنسبة لكل من الولايات المتحدة الأمريكية وكندا وفرنسا والمانيا الاتحادية والمملكة المتحدة وأستراليا والسويد - أضواء على كل من مفاعلات الماء المضغوط ومفاعلات الماء الثقيل من طراز « كاننو » - مصادر الوقود النووي في مصر .

الفصل السادس : حادث المفاعل النووي بولاية بنسلفانيا الأمريكية .. الأمريكية .

ويشمل هذا الفصل على عرض تفصيلي لحالة المفاعل قبل وعند بداية الحادث ثم التركيز على نقطة اللاعودة في الحادث ومدى تأثير الرأي العام الأمريكي بهذا الحادث - الوضع الحالي والمستقبل للطاقة النووية وأخيرا طرح رأي بالنسبة لحل معادلة استخراج الطاقة النووية سلميا .

ثم يتناول الكتاب شرحا لتعريفات وردت به .

وأخيرا يتناول المراجع وهي تشمل كلا من المراجع العربية والأجنبية التي استخدمها المؤلف .

الباب الأول

الطاقة التقليدية

عرض لأزمة الطاقة وتصورات حلها واحتوائها

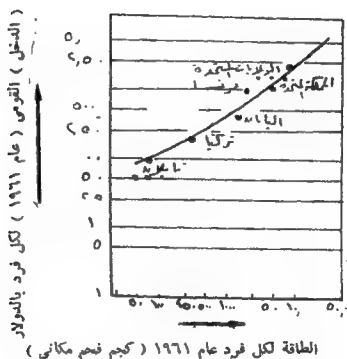
يمكن القول بأن الإنسان يطلب الطاقة بأربعة أشكال محددة :

- ١ - طاقة حرارية لتدفئة المساكن والمباني ولطهي الطعام ولتسخين المياه ولأغراض صناعية كثيرة .
- ٢ - طاقة ميكانيكية لإدارة المحركات (التوربينات بأنواعها - المحركات الكهربائية ٠٠٠ الخ) لتسيير المركبات في البر والبحر والجو أو للعمليات الصناعية وخلافه .
- ٣ - طاقة كيميائية : لعمليات التصنيع الكيماوية والتعدين .
- ٤ - طاقة إشعاعية : كالضوء والاتصالات السلكية واللاسلكية .

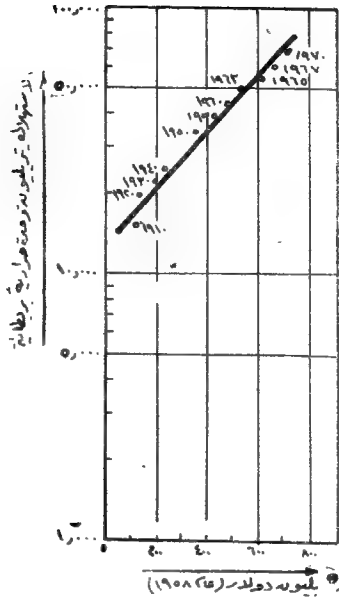
وقد زاد الاستهلاك الإجمالي للطاقة في العالم خلال السبعين سنة الماضية زيادة كبيرة وتقدر زيادة الاستهلاك السنوي للفترة ما بين ١٩٥٠ إلى ١٩٧٠ بحوالى ٥٠٪ وتشير جميع الدلائل الى ان استهلاك جميع أنواع الطاقة في مختلف بلدان العالم سيرتفع ارتفاعا كبيرا مستقبليا سواء بالنسبة للبلاد المتقدمة صناعيا واقتصاديا - سعيا للمحافظة على مستوى معيشتهم وتحسينه - أو بالنسبة للبلاد النامية لتحقيق دخل قومى أعلى وتحسين الأحوال العامة فى بلادها . ولقد ثبت - خلال فترة قدرها خمسون عاما - ان هناك علاقة خطية استطرادية بين الدخل القومى لبلد ما وبين ما يستهلكه من طاقة حيث أصبحت جملة استهلاك بلد ما من الطاقة مؤشرا معترفا به عالميا - لإجمالى انتاجها القومى ليصبح نصيب الفرد فى بلد ما من الطاقة الكهربائية سنويا مقياسا لنصيب هذا الفرد من اجمالى الانتاج القومى لبلده ، ومن ثم لمستوى المعيشة لهذا البلد . ويبين الشكل (١ - ٢) العلاقة بين نصيب الفرد من الطاقة

ونصيبه من الدخل . والشكل (١ - ٢) العلاقة بين اجمالي استهلاك الطاقة واجمالي الانتاج القومي في الولايات المتحدة من عام ١٩٠٢ - ١٩٧٠ .

فعلى سبيل المثال فالبلاد المتقدمة صناعيا مثل الدول الاسكندنافية وكندا والولايات المتحدة الأمريكية يبلغ الفرد فيها من الطاقة الكهربائية سنويا أكثر من عشر أو اثني عشر ألف كيلو وات ساعة بينما يبلغ في اليمن حوالى ثلاثة كيلو وات ساعة فقط وبالنسبة لجمهورية مصر يبلغ معدل استهلاك الفرد حاليا حوالى أربع مائة وخمسين كيلو وات ساعة ويخطط للوصول بهذا الرقم الى ألف وخمسمائة كيلو وات ساعة عام ٢٠٠٠ .



شكل (١ - ٢) : العلاقة بين نصيب الفرد من كل من الطاقة والدخل القومي لعدة دول



(شكل ١ - ٢) : العلاقة بين اجمالي استهلاك الطاقة والانتاج
الاقومي للولايات المتحدة خلال الفترة ١٩٥٨ حتى ١٩٧٠

ولكن ما هي مصادر الطاقة :

يمكن تقسيم مصادر الطاقة الى فصيلتين متميزتين هما :

أولاً : مصادر الطاقة التقليدية : وهي تمثل أنواع الطاقة التي يمكن توليدها في الأحوال العادية على نطاق تجاري وتشمل :

١ - الطاقة المائية : مثل توليد الطاقة من الشلالات أو الخزانات والسدود الصناعية التي تقام على الانهار . وهذا النوع اضافة الى مزاياه المتعددة من حيث رخص التكاليف ونظافته فهو نوع متجدد وليس مستنفدا .

٢ - الطاقة الحرارية : الناتجة من حرق أنواع الوقود الحفري واستخدامها إما في أغراض التسخين والتدفئة أو لإدارة التوربينات أو المحركات . وتشتمل على النفل ونواتجه (مازوت - بنزين - سولار - كبروسين - نافتا - الغازات المصاحبة للنفل ٠٠٠ الخ) والغازات الطبيعية والفحم . وبطبيعة الحال فهي طاقة مستنفدة .

ثانيا : مصادر الطاقة غير التقليدية : وهي التي من غير الممكن - في ظل الظروف التكنولوجية والاقتصادية الحالية - انتاجها على نطاق تجارى وتشمل :

١ - الطاقة النووية : على الرغم من ان كثيرا من المراجع نعتبرها طاقة تقليدية الا ان شدة حاجة العالم اليها لحل مشاكل الطاقة دفع المؤسسات العلمية والصناعية الى انتاج مفاعلات ذات حجم تجارى وصل الى ١٥٠ ، ١٠٠ ميجاوات للوحدة حتى يمكنها منافسة المحطات التي تولد الكهرباء بالطرق التقليدية .

٢ - الطاقة الشمسية : ويقصد بها الطاقة المشتقة من اشعة الشمس مباشرة وذلك لأغراض التسخين - تخفيف الحاصلات الزراعية - أو تحويلها الى كهرباء باستخدام الخلايا الفوتوفولطية .

٣ - طاقة الرياح : وعلى الرغم من انها من أقدم صور الطاقة استخدمها الا أن انتشارها كوسيلة رئيسية لتوليد الطاقة الكهربائية قد تأخر ويرجع ذلك أساسا لتغير سرعة الرياح وعدم استمراريته الا انه قد أجريت أبحاث مستفيضة لتطويعها - وخاصة في جامعة أوكلاهوما بالولايات المتحدة - وأمكن فعلا تطوير وسائل الاستفادة من هذه الطاقة .

٤ - طاقة المد والجزر : في بعض المناطق البحرية - يمكن خلال المد والجزر تغير ارتفاع منسوب المياه الى حوالى ٢٠ (عشرين) مترا في خلال ١٢ ساعة ويحجز هذه الكميات الكبيرة من المياه لتحرر خلال توربينات مائية أمكن انتاج قدرة ٣٠٠ ميجاوات في فرنسا وبطبيعة الحال هنالك جهود من بعض الدول لمضاعفة هذا الرقم .

٥ - **طاقة الأمواج :** الأمواج في البحار تحتوى على كل من طاقة وضع ناتجة من فارق المنسوب بين قمة وقاع الموجة - وكذلك طاقة حركة نتيجة الحركة المستمرة لجزيئات الماء . فالموجة التى يبلغ ارتفاعها ٣ أمتار وطولها ٣٠ مترا (المسافة بين قمتين أو قاعين متتاليين) يمكن ان تولد قمرة مقنارها ١٠٠ حصان .

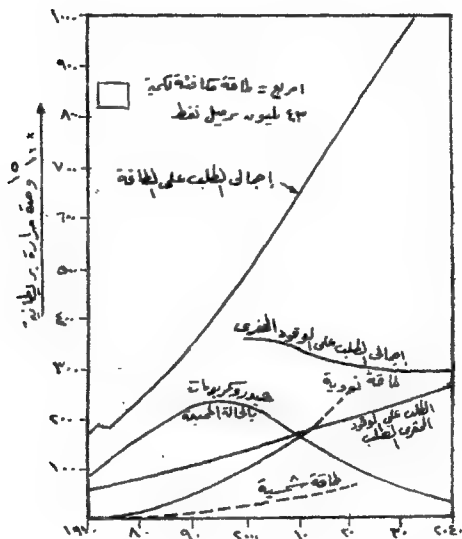
٦ - **طاقة حرارة الأرض :** نظرا لارتفاع درجة حرارة باطن الأرض فيخرج أحيانا منها بخار ماء فى بعض المواقع على سطح الأرض من تشققات قشرتها . وقد أمكن الاستفادة عمليا من هذه الأبخرة فى بعض أماكن فى العالم مثل إيطاليا وإسبانيا وذلك بحفر آبار تصل أعماقها حتى ٥٠٠ متر لاستغلال البخار فى التدفئة أو التسخين أو لإدارة التوربينات البخارية .

٧ - **طاقة الكتلة (الكمية) العضوية :** وذلك بحرق المواد العضوية مثل الفضلات الحيوانية أو الزراعية أما للاستخدام المباشر لتسخين المياه أو الطهي (أو ما شابه مثل أفران الخبز على سبيل المثال) أو لتوليد الكهرباء بحرق الفضلات (القمامة) الصلبة واستخدام الحرارة الناتجة فى توليد بخار الماء اللازم لتوليد الكهرباء أو استخدامها لتوليد غازات ذات قيمة حرارية عالية هذا إضافة الى إمكانية استخدامها لمعالجة الأسمدة الطبيعية .

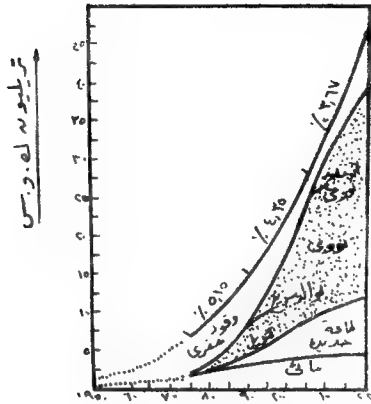
وجدير بالذكر ان بعض الدول تقوم حاليا بزيادة رصيدها من مصادر الطاقة بالتوسع فى زراعة المحاصيل الزراعية التى تحتوى على مواد عضوية مثل قصب السكر كما فعلت البرازيل - بفرض توليد الطاقة وإن لم تهم التجربة - وذلك لمحى ثبوت جعلها قنيا واقتصاديا .

وبين الشكل رقم (١ - ٣) مقدار ما استهلكه العالم - والمتوقع استهلاكه حتى عام ٢٠٢٠ من الطاقة من المصادر المختلفة كما جاء فى مجلة « عالم الكهرباء فى عددها الصادر فى ١ نوفمبر ١٩٧٥ » .

أما الشكل رقم (١ - ٤) فيبين مقدار الطاقة الكهربائية التى استهلكها العالم - وكذا المتوقع استهلاكها من عام ١٩٥٠ حتى عام ٢٠٢٠ « باستخدام المصادر المختلفة » كما جاء بنفس العدد من المجلة المذكورة .



شكل (١ - ٣) : الاستهلاك العالمي للطاقة من ١٩٧٠ حتى ٢٠٤٠

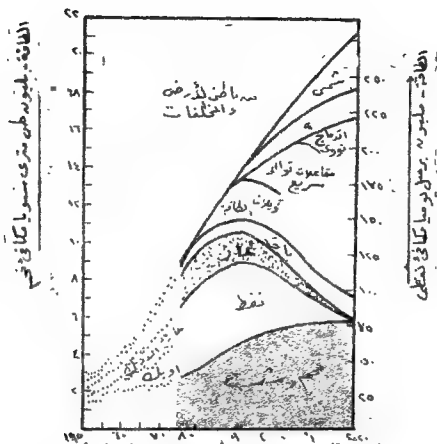


شكل (٤ - ١) : توليد الكهرباء في العالم من ١٩٥٠ حتى ٢٠٢٠

الظروف العالمية للطاقة في الماضي والحاضر :

اولا : ما قبل حرب رمضان - أكتوبر ١٩٧٣ :

تميزت ظروف الطاقة في الخمسينات والستينات من هذا القرن بالاستقرار وبرخص التكلفة مع زيادة الاستهلاك العالمي منها . وفي منتصف الستينات أصبح النفط هو المصدر الأول في العالم بعد ان ازاح الفحم الى المرتبة الثانية . كما ان الغاز الطبيعي بدأ يساهم بنسبة أكبر في الطاقة العالمية . وشهدت هذه الفترة نبوا في الاعتماد على نفط الشرق الأوسط . وفي أوروبا سببت أزمة قناة السويس عام ١٩٥٦ وفيما بعدها حرب يونيو ١٩٦٧ بعض الاضطرابات المؤقتة في امدادات النفط ولكنها سرعان ما تلاشى ذكرها - حيث المرونة والسعة الاحتياطية للصناعات النفطية العالمية - وإمكانها التغلب على هذه الصعوبات بسرعة كبيرة .



شكل (١ - ٥) : استخدامات الطاقة في العالم ١٩٥٠ حتى ٢٠٢٠

وفي مطلع السبعينات كانت هناك زيادة طفيفة في أسعار الطاقة حيث بدأ صوت البلدان المنتجة للنفط يرتفع مطالباً بإعادة تقييم أسعاره ومن ثم بدأ المناخ العام الذي تعمل فيه الصناعة العالمية في التغير .

ثانياً : من أكتوبر ١٩٧٣ إلى مارس ١٩٧٤ :

حين انشعلت الحرب من جديد بين العرب وإسرائيل أعلنت منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك) تخفيض مستويات انتاجها من البترول وتخفيض مستوي صادراتها إلى البلدان غير الصديقة للعرب ومقاطعة الدول المعادية لهم وفي الفترة من أكتوبر إلى ديسمبر ١٩٧٣ حيث أعلنت جميع دول مجموعة البلدان المصدرة للبترول (أوابك) زيادة أسعار بترولها وفي منطقة الخليج العربي كانت الزيادة من ٣ دولارات إلى ١١٫٦٥ دولار للبرميل الواحد (الطن الواحد = ٧ براميل تقريباً) ومنذ ذلك الوقت أخذت الزيادة في أسعار النفط في اطراد مستمر . وهكذا

في فترة زمنية وجيزة جدا كان هناك انتقال عالمي من طاقة رخيصة التكلفة الى طاقة ذات تكلفة عالية مما كان له أكبر الأثر - عالميا - على جميع الدول سواء في إعادة تخطيطاتها السياسية والاقتصادية أو العلاقات بين الدول بعضها البعض .

الثالث : من مارس ١٩٧٤ وحتى تاريخه :

حدث تغير كبير في شئون الطاقة العالمية المعقدة والمتعددة الجوانب ولعل أبرزها هو :

١ - تبادل الأذوار . فهي السابق كان معظم الانتاج العالمي من النفط تحت سيطرة شركات النفط العالمية غير المحدودة (ويشار اليها بالأخوات السبعة) أما بعد عام ١٩٧٤ وإلى الآن انتقلت مقاليد الأمور بصورة تكاد تكون نهائية الى حكومات البلدان المنتجة للنفط وبدأت فعلا شركات النفط الوطنية تلعب دورا رئيسيا في الصناعات النفطية .

٢ - الصراع العالمي على المناطق الغنية بمصادر الطاقة أو التي تتحكم في طرق نقلها وأصبح الكفاح من أجل هذا الهدف يتزايد وكما ترمز الى ذلك تحركات الاتحاد السوفيتي في أفغانستان وأفريقيا ثم منطقة الخليج العربي وخضعت الأولويات الجيوبوليتيكية لبعض التغير حيث أصبح معروفا ان مركز الجاذبية في العالم قد انتقل من موقعه التقليدي - الى الهلال الخصيب ومصر - الى منطقة الخليج العربي واكتسبت السيطرة على النفط ومياه الخليج ومضيق هرمز أهمية جديدة . أي باختصار شديد أصبحت قضايا الطاقة الجيوبوليتيكية تدعم بعضها بعضا .

٣ - بدأ العالم يعطي مشكلة البحث عن مصادر جديدة للطاقة وتخزينها وترشيده استهلاكها أولوية خاصة جعلتها على رأس المشكلات في عالمنا المعاصر بل لا نبالغ اذا قلنا ان مشكلة الطاقة كان لها أكبر الآثار السياسية والاجتماعية والاقتصادية على العالم خلال هذا القرن - اذا استثنينا بطبيعة الحال الحروب العالمية الأولى والثانية - ويكفي ان نقول ان نسبة كبيرة من الأبحاث العلمية التي تجرى في المؤسسات العالمية تختم - بشكل أو بآخر - موضوع إيجاد حلول لازمة الطاقة في العالم .

لكن من المسؤول عن الارتفاع الجنوني في أسعار النفط :

نرى انه ما لا يدع مجالا للشك فان اللوم يقع على الدول المستوردة للنفط - ومصادر الطاقة الأولية بشكل عام - وحدها ونرى أنها تتحمل

وحدها مسئولية هذا الارتفاع الجنوني في أسعار النفط . فمن الواضح أن منظمة الدول المنتجة للنفط لا يمكن أن تحتفظ بالسعر الرسمي الذي حدده ما دام جزءا كبيرا من نفعها تشتريه الدول المستوردة أو الشركات من الأسواق بآثمان أعلى كثيرا من السعر الذي حددته هي . فلا يعقل على سبيل المثال أن تحدد الدول المنتجة للنفط ثمنها للنفط ٣٤ دولارا أمريكيا للبرميل مثلا ثم تشتريه الدول المستوردة من مسوق روتردام بهولندا بحوالي ٢٠ دولارا أو أكثر دون أن تتحرك الدول المنتجة لرفع سعر نفطها (★) .

ومن الطبيعي والحالة هذه أن تحاول دول الأوبك بيع المزيد من نفطها مباشرة أو عن طريق وسطاء بآثمان فورية ومرتفعة . وهذا يعني نقصا في كميات النفط التي كان عملاء دول الأوبك يحصلون عليها في الماضي واضطروا للاستعانة بالشركات التجارية ليضمنوا الكميات التي يحتاجونها من النفط وأبدوا استعجابهم لدفع أي ثمن يطلب منهم .

وقد اتضح بما لا يدع مجالا للشك أن هذا الموقف يشكل خطرا على اقتصاد الدول المستوردة للنفط ومنها طبعاً العالم العربي وأن الأمر يتطلب تنسيقا وتعاوناً بين الدول المستوردة وشركاتها إذا أردنا حقاً إيقاف حسي شراء النفط . وقد كان لزاماً على أهم الدول المستوردة للنفط أن تتجه بسياسة حازمة وإلى تشتري النفط بسعر أعلى من مستوى أسعار دول الأوبك وفي نفس الوقت كان عليها أن تضع نظاماً دولياً وقومياً يضمن لجميع الدول والشركات انصبة عادلة من النفط المتوفر بأسعار الأوبك .

ويقدر أحد الكتاب الغربيين أن دول الأوبك استطاعت تكديس فوائض تبلغ ١١٥ بليون دولار عام ١٩٨٠ ومع استبصار تراكم الفوائض البرولية لا بد أن يتصور موقف ميزان المدفوعات في الدول المستوردة للنفط بسرعة خطيرة وسيعرض كل من النظام الإقليمي والفول لمخاطر الركود وبطء معدل النمو ومن ثم ارتفاع معدلات التضخم والبطالة .

ولكن إلى أي شيء تسعى الدول المنتجة للنفط ؟

تسعى الدول المنتجة للنفط حالياً إلى رفع السعر بمعدلات تفوق معدلات التضخم . كما تعمل أيضاً على زيادة قيمة صادراتها النفطية عن

(★) ملاحظة : بعد أن تضاعفت الدول المستهلكة للنفط بإعراق أسواقه بكميات كبيرة منه ومع إجراءات الترشيد والبحث عن مصادر بديلة للطاقة انقلب الوضع حالياً وأصبح النفط يباع في الأسواق بأقل من السعر الذي تحده منظمة الأوبك .

طريق اضافة التكرير والبتروكيمياويات وعمليات النقل الى برامجها .
وهذا يعنى اضافة اعباء اخرى على الدول المستوردة للنفط وبالتالي زيادة
الفوائض البترودولارية أكثر وأكثر .

والسؤال الذى يطرح نفسه بالحاح هو « هل ستستمر الدول المنتجة
للنفط فى مواصلة انتاجها رغم علمها تماما بأنها تستبدل نفطاً مخزوناً
داخل الأرض وتزداد قيمته مع مر الأيام بمبالغ نقدية تنخفض قيمتها
مع التضخم ؟ » . وكما نعلم ويعلم الجميع فان تخفيض الانتاج لا يعنى
اطالة عمر احتياطياتهم النفطية فحسب بل سيزيد دخل الدول المنتجة
نظراً لزيادة سعره مع مرور الزمن .

حقاً ان الاقتصاد العالمى سيعانى كثيراً من أى نقص فى انتاج
النفط . ولكن بالنسبة للدول المنتجة ستكون خسارتها من ركود النشاط
الاقتصادى العالمى أقل من تآكل قيمة فوائضها المالية التى ستتأثر
بالتضخم ومن ثم فهناك دائماً الدافع القوي لها لتخفيض انتاجها . وقد
يكون لها العذر فى ذلك .

ولعل الأمر المثير للاهتمام ان وزير النفط السعودى اقترح .. عام
١٩٨٠ - أن تتخذ الدول النامية والدول الأقل نمواً خطة مشتركة على
أساس التوزيع العادل لاستهلاك العالم من الطاقة . ويتم بناء على هذه
الخطة تقسيم الكميات المتاحة من النفط على الدول المختلفة . وأن ذلك
يمكن أن يؤدى على الأقل الى تهدئة مخاوف بعض الدول أو الشركات التى
تخشى حرمانها من النفط فى حالة عدم موافقتها على شروط سياسية
لا تستطيع قبولها .

ومع ذلك اتضح صعوبة اشتراك بعض الدول المستوردة وشركاتها
فى أى برنامج دولى لتوزيع النفط . لأن أية خطة لتوزيع الأنصبة ستتطلب
اعادة توزيع تدفق النفط العالمى . وهذا أمر يستلزم درجة كبيرة من المرونة
فى نظام استخدام المخزون العالمى . وهو الدور الذى تقوم به الشركات
متعددة الجنسية فيما مضى من ضبط وتوجيه حركات النفط فى التجارة
العالمية ثم تقلص هذا الدور حتى كاد يتلاشى حالياً .

وما هو موقف الدول المستوردة الرئيسية للنفط :

وضح جلياً أن هذه الدول بدأت ترسخ لمطالب من الدول المنتجة
ما كانت تقبلها قبل أزمة الطاقة العالمية وبعد الحظر الجزئى على بترول
الشرق الأوسط وبطبيعة الحال مبعث ذلك هو خوف هذه الدول المستوردة
من الانقطاع المفاجئ فى الامدادات النفطية . والحقيقة فان القضية ليست
فقط قضية امداد وقطع أى قضية استقرار الأسعار وتقلبها ولكن تشتمل

كذلك على عمليات الاستكشاف وجهود التطوير والتي وإن كانت تعتمد أساسا على الدول المنتجة إلا أنها قضية تهم الدول المستوردة في الدرجة الأولى أكثر من أهميتها للدول المنتجة للنفط .

والدول المستوردة تواجه حاليا تحديا كبيرا لقدرتها على مواجهة النقص في حصتها من النفط والتصدي لشروط دول الأوبك لكي تتوفر هذه الحصص . ومما لا شك فيه أنه لا بد وأن ينعكس هذا على تكييف استراتيجياتها السياسية والاقتصادية . ويكفى أن نشير هنا إلى مدى اعتماد وخوف الدول المستوردة الرئيسية للنفط من أية تغيرات سياسية أو اجتماعية تحصل بمناطق إنتاج النفط وخاصة الشرق الأوسط ويتضح ذلك جليا من انعكاس الثورة الإيرانية مثلا أو الغزو السوفيتي لأفغانستان على أجهزة الإعلام الغربية حتى أنها أطلقت على عام ١٩٧٩ بعام العنكة لنعمرها من انتشار الله الماركسي في كل من عدن (اليمن الجنوبية) الجنوب الأفريقي وخلافها من بعض الدول العربية .

وقد سبق للرئيس الأمريكي السابق جيمي كارتر توضيح أهمية منطقة الخليج العربي بالنسبة للولايات المتحدة الأمريكية فصرح بأنه « يعتبر أن أي هجوم على هذه المنطقة يعتبر هجوما على المصالح الأمريكية وأن الولايات المتحدة ستستخدم جميع الوسائل بما في ذلك القوة العسكرية للتصدي لهذا الهجوم » كما أن الدول العربية ما زال عندها شك كبير في إمكانية اعتمادها - حقيقة - على الدول التي يمتزم إقامة محطات تزويد بها مثل الصومال وعمان . وكان الغرب يرى أن الأمر المؤكد أن مواقع الضخ التي تسيطر على تدفق النفط ستكون الهدف الأول الذي سيهدم لو اندلعت الحرب في منطقة الخليج وطبعي أن يكون قد أدخل ذلك في الحساب عند تخطيط سياسته العسكرية في العالم .

الاحتمالات المستقبلية للطاقة في العالم :

تتصدر الأزمة العالمية في الطاقة في عزم التوازن بين العرض والطلب وذلك تحت ظروف متغيرة ومختلفة للنمو الاقتصادي وأسعار الطاقة وتفاقم المشكلة عندما تكون رغبة المستهلكين والفضلياتهم للطاقة تزيد على قدرة المنتجين الطبيعية والاقتصادية ويدخل في أسباب عدم التوازن العوامل التالية :

- ١ - تفضيل المستهلك لنوع من الوقود استنادا لانخفاض سعره أو مدى مناسبته أو لنظافته أو مدى الاعتماد على تجهيز ذلك الوقود .
- ٢ - قدرة ومحدودية أنظمة الطاقة وتصنيفها وتكريرها ونقلها وتوزيعها .

٣ - القرارات الوطنية السياسية التي يمكن أن تحرك وتسهل
أو تعرقل وتمنع امدادات الطاقة أو استخدام نوع من الوقود دون آخر .

وللحصول على صورة محتملة لآفاق الطاقة العالمية مستقبلا - وهي
في الحقيقة مجموعة من الاحتمالات فلا بد من اعتبار العوامل التالية : -

١ - معدل نمو الاقتصاد العالمى وقد أجريت عدة أبحاث فى هذا
المجال خلاصتها انه سيتراوح بين ٣.٥ الى ٦ / حتى عام ١٩٨٥ وبين
٣ الى ٥ ٪ من عام ١٩٨٥ حتى عام ٢٠٠٠ .

٢ - أسعار النفط : وهذه بطبيعة الحال لا يمكن التنبؤ بها ولو ان
المؤلف يرى ان ارتفاعا فى سعر برميل النفط بمعدل ٢ دولار فى السنة -
وبالتالى المكافآت له - ربما يكون تصورا معقولا . أما بالنسبة للفحم
فيعتقد المؤلف ان معدل ارتفاع سعره ربما يكون أسرع من معدل سعر
النفط بحيث يبلغ أربعة أضعاف سعره الحال عام ٢٠٠٠ .

٣ - السياسات الوطنية النفطية : يتوقع أن تكون هذه السياسات
قوية وبالتالي لا بد وان تؤثر مباشرة فى استراتيجيات الدول - ومركزها
العالمى .

٤ - الإضافات الممكنة للاحتياطى . بعض التقديرات تشير الى انه
يمكن - ربما فى الفترة من عام ١٩٨٥ حتى عام ٢٠٠٠ - اضافة للاحتياطى
العالمى تصل ما بين ٢٠ بليون برميل نفط سنويا - كحد أعلى - و ١٠
بلايين برميل نفط سنويا كحد أدنى .

٥ - وصل انتاج دول الأوبك الى حوالى ٤٠ مليون برميل يوميا
والمعتقد انه لن يزيده على ٤٥ مليون برميل يوميا فى أحسن الحالات وحتى
عام ٢٠٠٠ .

وان كان نظرا للتطورات التى حدثت فى الأعوام الأخيرة - وصل
الانتاج الى ١٨ مليون برميل يوميا فقط .

المتوقع ان يبلغ الاستهلاك العالمى من الطاقة عام ١٩٨٥ الى ما بين
١١٢ حتى ١٣٧ مليون برميل يوميا مكافئ نفطى (١ مليون برميل
يوميا مكافئ نفطى يقابل ٥٠ مليون طن مكافئ نفطى سنويا) وذلك
اعتمادا على العوامل السابق ذكرها وبالمقارنة بالعرض المتوقع وهو ١١٢
فان عام ١٩٨٥ سوف يشهد . اما توازنا على الحافة فى أحسن أحواله - أو
نقصا يعادل حوالى ٢٥ مليون برميل يوميا مكافئ نفط فى أسوأ الأحوال .

الصورة العامة عام ٢٠٠٠ :

تشير التقديرات الى أن الاستهلاك العالمى من الطاقة الكلية سيتراوح
ما بين ١٦٠ الى أكثر من ٢٠٠ مليون برميل يوميا مكافئ نفطى . أما

العرض فيقدر ما بين ١٥٢ حتى ١٨٠ مليون برميل يوميا مكافئ نفطي .
أى أن العالم سيواجه فجوة في امدادات الطاقة المالية سوف تتراوح
ما بين ٨ الى أكثر من ٢٠ مليون برميل يوميا مكافئ نفطي .

تصورات احتواء - أو التقليل من سلبيةات - أزمة الطاقة :

كما سبق أن ذكرنا فإنه من أكتوبر عام ١٩٧٣ عند اعلان حظر
الجزئي على امدادات البترول العربي بدأت أسعار الطاقة ومواردها في
الارتفاع واستيقظ العالم على الحقيقة المجردة وهي « ان الطاقة شيء محدود
خلالنا للاعتقاد الذي ساد العالم لفترة طويلة بأنها شيء غير ناضب وهذه
الحقيقة المفزعة ولا شك تدعو أى متتبع للصراعات المالية في الماضي
والحاضر وللأشكال المختلفة التى أخذتها - وتأخذها - وأسبابها بأن
يستنتج وببساطة - ان الصراعات المالية المستقبلية ستتدور حتما حول
الطاقة ومصادرها ، ومن ثم فإن الشرق الأوسط والأرض العربية على وجه
الخصوص لا شك انها ستكون محورا للصراعات المالية المستقبلية بغض
النظر عن طبيعة الصراعات أم للشكل الذى ستأخذه أو هوية المتصارعين .
ولعل جميع ما نراه من صراعات حالية في منطقتنا هي خير شاهد على
ذلك .

وقد نناقش كثير من الكتاب والمفكرين والمعاهد المتخصصة وخرجت
عنة كتب ومقالات تناقش هذه الأزمة وتطرح تصورات لحلها وسنعرض
في اقتضاب شديد بعض هذه الأفكار :

١ - ان صورة مستقبل الاستقرار الاقتصادى والسياسى . والأمن
الاستراتيجى للعالم كله وخاصة العالم العربى والذى يقوم أساسا على
ضمان ووفرة الطاقة صورة مبهمة المعالم تبث على الحيرة والقلق .

٢ - يجب القيام بإجراءات فعالة للتنسيق بين الدول المصدرة
للنفط والدول المستوردة بشأن حجم النفط المطلوب تصديره ومستوى
أسعاره للحفاظ على التوازن بين العرض والطلب .

٣ - يجب القيام بإجراءات فعالة بشأن تخطيط برامج التنمية فى
الدول المصدرة والمناطق المهمة الأخرى بالنسبة لجميع الأطراف المعنية .

٤ - احتواء كل ما يهدد الاستقرار الداخلى فى الدول المنتجة
للنفط . وقد يتطلب هذا تغييرا فى الاستراتيجيات السياسية لبعض
الدول .

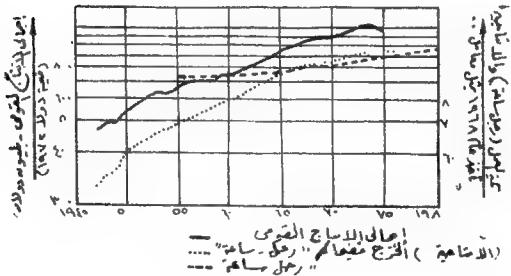
٥ - المطالبة بالتوسع فى انتاج الطاقة من مصادر غير نفطية

وبمعدلات مرتفعة . هذا واصافة الى تخطيط ترشيد الطاقة وما يستلزمه ذلك من تطوير التصميمات الصناعية وتغيير أنماط الاستهلاك .

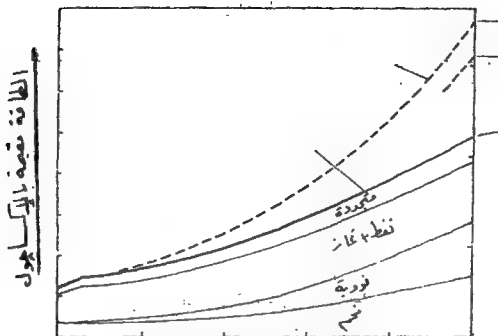
٦ - ترى بعض الآراء أن مطالب الصالح من الطاقة يمكن أن يوفى بها اذا ارتفعت الدول الأعضاء في منظمة الاقطار المصدرة للنفط (أوبك) بانتاجها تدريجيا ليصل عام ١٩٨٥ الى معدل انتاجها عام ١٩٧٩ ، والمعروف أن الانتاج من النفط قد نقص كثيرا عام ١٩٨٠ . ولكن هذا يتطلب ظروفًا سياسية واقتصادية معينة في مناطق الانتاج وخاصة في دول الخليج كذلك يتطلب من الدول الغربية أن تحد من استهلاكها للنفط والعمل على تنمية مواردها الخاصة من الطاقة .

٧ - الاهتمام بتكنولوجيا تخزين الطاقة الرخيصة لاستغلالها عند اللزوم .

٨ - تحتاج الدول المستوردة للنفط الى حوالى ثلاثين عاما أو أكثر لكي تقيم اقتصاد طاقة على أساس مصادر أخرى غير النفط .

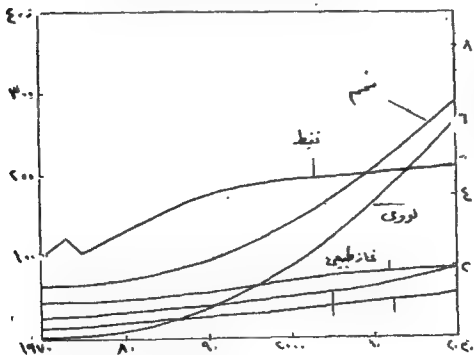


شكل (١ - ٦) : التأثير الزمني لكل من الانتاج القومي الاجمالي والانتاجية وكفاءة العمل (رجل ساعة) بالولايات المتحدة الامريكية



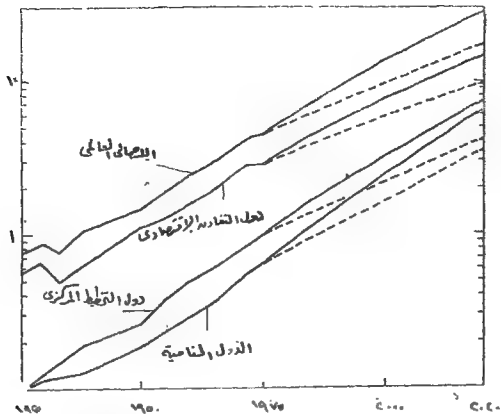
الطاقة مقبلة بـ بيلير لمن نقط كيان

شكل (٧ - ١) : المصادر والطلب العالي على الطاقة

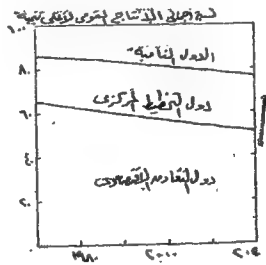
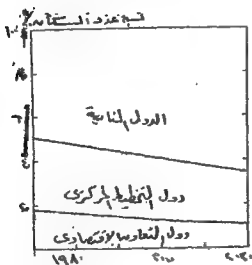


الطاقة مقبلة بـ بيلير لمن نقط كيان

شكل (٨ - ١) : الطلب العالي على الطاقة الأولية حسب أنواع الوقود



شكل (١ - ٩) : اجمالي الانتاج العالمي للمجموعات الاقتصادية ملية
بتريليون دولار (دولار عام ١٩٧٢) معدل نمو عال ٠٠٠ معدل نمو منخفض



شكل (١٠ - ٩) : النسب المئوية لكل من عدد السكان والمشاركة في الانتاج
للمجموعات الاقتصادية المختلفة

النفط

يعتبر النفط في الوقت الحاضر الوقود الرئيسي في العالم ويمثل أكثر من نصف امدادات الطاقة في بلدان عديدة ولذلك فإن تحليل امدادات النفط المستقبلية من الأمور الأساسية في دراسة الطاقة على المدى الطويل .

أنواع النفوط

أولا : النفط التقليدي :

وهو النفط الخام (بما فيه المتكاثف وهو عبارة عن زيت خفيف جدا) ينتج في نفس الوقت كنزاز طبيعي (والذي يجرى اكتشافه واستغلاله بالتكنولوجيا التقليدية (أو الكلاسيكية) وبسعر يبدو معقولا حاليا . وهذا التعريف ينطبق على النفط المستخرج من الرواسب البرية أو من داخل البحار على أعماق لا تزيد عن ٢٠٠ متر مثلا .

ثانيا : النفط غير التقليدي :

وهو الذي يتطلب لاستكشافه واستغلاله تكنولوجيا لم تتطور تماما بعد . والذي تبدو جدواها الاقتصادية غير محدودة أو غير كافية اليوم . ويحتاج هذا النوع الى قفزات في التكنولوجيا حتى يمكن استكشافه أو استغلاله . ولا يتوقع ظهوره بكميات وافرة قبل عام ١٩٩٠ . وهذا يشمل النفط المتواجد على أعماق كبيرة في البحار والمحيطات وفي المناطق القطبية وتشتمل على معظم الزيوت الثقيلة والرمال القارية وزيوت الشيسيت والوقود المستخرج من الفحم صناعيا .

أولا : النفط التقليدي

احتياطيات النفط :

المقصود باحتياطيات النفط هو ماتم اكتشافه من النفط المخزون أما مصادره فهي مجموع ما تم اكتشافه وما لم يتم بعد .

وتصنف الاحتياطيات الى : -

١ - الاحتياطيات المثبتة Proved Reserves وهي الاحتياطيات المستكشفة فعلا ويجرى استخراجها بالتكنولوجيا المتاحة .

٢ - الاحتياطيات المحتملة Probable Reserves وهي الاحتياطيات التي سبق اكتشافها ومحتمل استغلالها بتحسين طعيف في الشروط الفنية والاقتصادية .

٣ - الاحتياطيات الممكنة Possible Reserves وهي الاحتياطيات التي لم تكتشف بعد ولكن يوجد مؤشرات معقولة لوجودها .

وانتاجية النفط في حقل ما تعتمد على كل من الاحتياطي النفطي المثبت ومعدل الاحتياطي النفطي المثبت ومعدل الاحتياطي الذي يضاف سنويا نتيجة لتطور وتحسين وسائل الانتاج وأن أهمية الاحتياطي القابل للاستخراج تتجلى في كونها هي التي تحدد الى أي مدى يمكن المحافظة على معدل اضافي الى الاحتياطي . ولكل حقل نفط قدرة ذاتية للانتاج تعتمد على حجم الحقل وخواصه الجيولوجية والأجهزة الانتاجية المتصلة به وأخيرا على ما اذا كان هناك قيود حكومية على الانتاج كما هو الحال في كثير من البلدان المنتجة للنفط .

أما استخراج النفط ذاتيا فيعتمد على الضغط الطبيعي « للمكمن » النفطي ويتم الحصول على أعلى انتاج بالتخفيض التدريجي للضغط .

وبدون شك هناك صعوبة بالغة للتقدير الدقيق لاحتياطيات العالم من النفط الخام واقصى طاقة انتاجية من النفط في المستقبل . وفي سبيل ذلك اتصلت ادارة المؤتمر العالمي للطاقة والذي انعقد في مدينة اسطنبول بتركيا في سبتمبر ١٩٧٧ بصد ٤٢ من الخبراء العالميين ومؤسسات النفط العالمية وكانت خلاصة هذه الاتصالات البيانات التالية:

١ - أقصى كمية من احتياطيات النفط في العالم تتراوح ما بين ٢٥٠ الى ٣٠٠ جيجا طن (١ جيجا طن = مليار طن) .

٢ - تكاليف الاستكشاف ستكون باهظة فيما بين اعوام ١٩٨٥ - ١٩٩٠ بينما الزيادة في تكلفة تطوير الرواسب ستكون ضئيلة .

٣ - النسبة المثوية للنفط المستخرج من الرواسب سترتفع من ٢٥٪ (عام ١٩٧٧) الى ٤٠٪ (عام ٢٠٠٠) .

٤ - ستكون نسبة النفط الناتجة من تحسين عمليات الاستخراج في الحقول القديمة ٥٥٪ - (عام ٢٠٠٠) من الزيادة السوية الكلية للاحتياطي وبالتالى سيكون ذلك حافزا هاما لاعادة تقييم الرواسب المستكشفة قديما .

٥ - وأخيرا فان النقطة الأكثر ازعاجا هي « أن المعدل السنوي لنمو الاحتياطيات في انخفاض مستمر وفي عام ٢٠٠٠ المتوقع أن يصل هذا الى الرقم ٣ » ثلاثة جيغا طن فقط (أى قدر الاستهلاك عام ١٩٧٧) : .

احتياطي النفط العالمى حاضرا ومستقبلا :

تشير تقديرات الاحتياطي النفطى العالمى - والقابل للاستخراج بالحدود القصوى أنه قد ارتفع من ٥٠٠ بليون برميل فى عام ١٩٤٠ الى حوالى ٢٠٠٠ بليون برميل عام ١٩٦٠ - وظل عند هذا الرقم فعلا حتى نهاية ١٩٧٥ أما الاحتياطي المتبث فقد فى نهاية عام ١٩٧٥ بـ ٦٥٨ بليون برميل فقط بينما الانتاج الكلى حتى لنفس العام قدر بـ ٣٤١ بليون برميل وكما نعلم أن تقدير هذه الاحتياطيات - وكأى مسألة تقديرية تخضع لبعض العوامل منها ثابت ومنها شخصى يختلف من شخص لآخر او من دولة الى أخرى أو من منظمة الى أخرى .

وقد أرسلت ادارة « المؤتمر العالمى للطاقة » أسئلة الى ٤٢ من الخبراء العالميين - وشركات ومؤسسات النفط العالميين بطريقة Delphi-Type Poll من سبتمبر ١٩٧٦ حتى ابريل ١٩٧٧ لجميع البيانات اللازمة لاجراء هذا التقدير وقام بالرد على الاستفسارات ٢٩ فقط ونوجز هنا النتيجة التى أمكن الوصول اليها وهى :

١ - أن الحد الاقصى للمصادر الممكن استقلالها لاستخراج النفط فى العالم - يفرض أن المعدل الحالى للاستخراج وهو ٢٥٪ سيرتفع الى ٤٠٪

بنهاية هذا القرن وحسب ما قدره ٢٨ خيرا عاليا هو ٢٥٧ر٥ جيجا طن تقريبا وبدون الاخذ فى الاعتبار النفط الموجود تحت سطح البحر وكذلك المناطق القطبية والذي يقلر بحوالى ٤٠ جيجا طن « أى أن الاجمالى هو حوالى ٣٠٠ جيجا طن . ومن هذه الـ ٢٥٧ر٥ جيجا طن ، حوالى ٩٥ جيجا طن احتياطى ثابت ومحتمل بينما الباقي فهو احتياطى ممكن فقط .

٢ - تقسم هذه الكمية حسب ما هو مبين بالجدول رقم (١-٢) .

جدول (٢ - ١) أقصى ما يمكن استخراجه من النفط بالجيجاطن
بعد اخذ متوسطات تقديرات الخبراء العالمين

الدولة أو المجموعة	الاحتياطى
الاتحاد السوفيتى واوروبا الشرقية والصين	٥٩ر٤
الولايات المتحدة الامريكية وكندا	٢٨ر٥
الشرق الاوسط وشمال افريقيا	١٠٩ر١
جنوب الصحراء الافريقية	١١ر٣
اوريا الغربية	١١ر٢
امريكا اللاتينية	٢٢ر٩
اليابان - استراليا - نيوزيلندا - شرق وجنوب آسيا .	١٥ر١
اجمالى احتياطى النفط التقليدى	٢٥٧ر٥
تحت سطح البحر (أعماق غائرة) وفى المناطق القطبية	٣٨ر٧

أما الجدول (٢ - ٢) فهو يبين توزيع الاحتياطيات الثابتة للنفط وكذلك جملة الانتاج العالمى حتى نهاية عام ١٩٧٥ .

وبين الشكل (١-٢) تطور الاستكشافات والانتاج بالنسبة للولايات المتحدة الامريكية والشكل (٢ - ٢) بالنسبة للاجمالى العالمى .

جداول (٢ - ٢) الاحتياطي الدائى المثبت واجمالى الانتاج العالمى
حتى نهاية عام ١٩٧٥ بالمليارات

المجموعة (أو الدول)	الاحتياطي المثبت	اجمالى الانتاج
مجموعة دول الوبك		
- السعودية	٢٢	٣٣
- بقية دول الشرق الاوسط	٣٠	٨٧
- باقى دول الوبك	١٣	٨٠
اجمالى دول الوبك	٦٥	٢٠
مجموعة دول التعاون الاقتصادى والتنمية		
- أمريكا الشمالية	٥٧	١٩
- أوروبا الغربية	٣٧	٠٣
- بقية العالم الغربى	٥٧	٢٤
مجموعة الدول الاشتراكية	١٤٧	٧١
الاجمالى العالمى	٩٤٨	٤٨٨

بتحليل الجداول (٢ - ١) ، (٢ - ٢) يتبين لنا التالى :

أولاً : بالنسبة للاجمالى العالمى : نجد أن الاحتياطي المثبت لدول الوبك يمثل ٦٨٥٪ من اجمالى الاحتياطي المثبت العالمى وتمثل السعودية وحدها ٢٣٧٪ وبقية دول الشرق الأوسط ٣١٦٪ وهذا بدون شك يفسر مدى امكانية الاستفادة من هذه الحقيقة للمشاركة فى توجيه سياسات العالم اليوم .

ثانياً : بالنسبة للاجمالى العالمى بعد استبعاد مجموعة الدول الاشتراكية فان هذه النسب ترتفع من ٦٨٥٪ الى ٨١٩٪ بالنسبة لدول

الأوبك ومن ٢٣ر٢٪ الى ٢٧ر٥ بالنسبة للسعودية ومن ٣١ر٦٪ الى ٣٧ر٥ /
لبقية دول الشرق الاوسط .

٣ - أعطيت أهمية خاصة لنفط الشرق الأوسط وشمال افريقيا
فمعدل الاستخراج منه ربما يكون أقل من أى مكان آخر فى العالم . ومن
هذه الاحتياطات الهائلة فإن امكانية زيادة هذه النسبة (٤٢٪) لابد وأن
تطرح نفسها على المهتمين بشئون - الطاقة . هذا مع ملاحظة أن هذا الرقم
أقل من رقم الاحتياطى المثبت حالياً وهو حولى ٥٥٪ .

٤ - الرقم الخاص بالدول الاشتراكية وهو ٢٣ر٢٪ يشير الى أنهم
لن يصدروا منه شيئاً تقريباً .

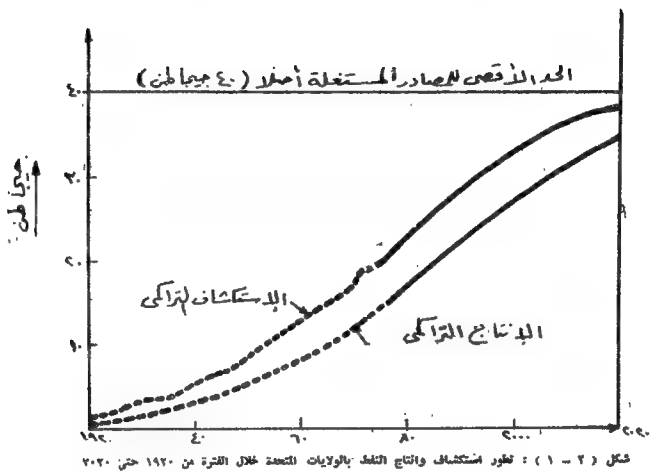
٥ - من الأهمية بمكان أن يستمر التثقيب عن النفط تحت سطح
البحر حيث تشير التوقعات لوجود ٤٥٪ من احتياطى العالم .

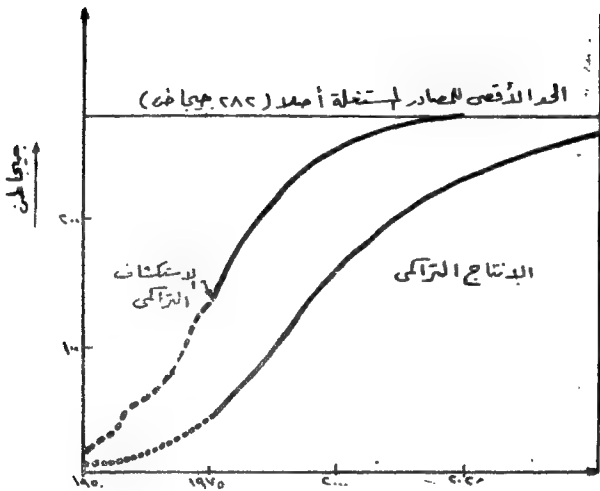
٦ - تشير تقارير الخبراء الى أنهم يميلون للتفاؤل بالنسبة للتكاليف
المستقبلية لانتاج النفط حيث لا يزال أكثر من نصف النفط الذى لم
يستغل بعد يمكن انتاجه بتكاليف أقل من ١٢ دولاراً (عام ١٩٧٦)
والثلث يمكن استغلاله بأقل من ٥ دولارات (عام ١٩٧٦) .

٧ - بالنسبة لتوقعات معدلات الاستكشاف مستقبلياً فقد افاد
اغلب الخبراء بأنهم متفائلون نسبياً لعام ١٩٨٥ ويقدرون ذلك استناداً الى
توقعاتهم بمعدلات استكشاف اجمالية سنوية (أى حقول جديدة مضافاً
اليها إعادة تقييم لحقول مستكشفة قديمة) بحوالى ٤ جيجا طن وذلك
بالمقارنة بالرقم ٣ جيجا طن وهو متوسط معدل الاستكشاف فى العالم فى
الفترة من عام ١٩٥٠ حتى عام ١٩٧٠ .

وعلى العكس من ذلك نرى أن جميع الخبراء متشائمون بالنسبة لعام
٢٠٠٠ حيث يقدرون معدل الاستكشاف المستوى بمقدار يتراوح ما بين
٣ الى ٣ر٣ جيجا طن مقسم بنسبة ٤٥٪ منها استكشافات جديدة بينما
٥٥٪ وهى استكشافات قديمة مع تطبيق وسائل الاستخراج المحسنة
عليها بتوسع .

ونحب أن ننوه هنا الى أن استهلاك العالم من النفط عام ١٩٧٧ بلغ
حوالى ٣ - جيجا طن . ويقدر الخبراء بأنه فى نهاية هذا القرن سوف لا
تغطي الاستكشافات هذا المستوى من الاستهلاك ومعنى هذا أن الحاجة الى
مصادر الطاقة الأخرى - وعلى الأخص الطاقة النووية - ستكون بالتالى
أكثر إلحاحاً .





شكل (٢ - ٢) : تطور الاكتشاف والانتاج العالي للمخلف مستقبلياً ابتداءً من عام ١٩٥٠

٨ - بالنسبة للفترة ما بين عامي ١٩٨٥ و ١٩٩٠ فإن المتوقع أن يضاعف المجهود - على أقل تقدير - للحصول على نفس معدلات الاستكشاف المذكورة عاليه . وتتفق آراء الخبراء على أن تكاليف التنقيب عن النفط في اليابسة لن تزيد كثيرا عن التكاليف السائدة (حوالي ٥ دولارات عام ١٩٧٧ للطن) وتكاليفه على الشواطئ تقريبا ضعف هذا الرقم بينما تصل التكاليف تحت سطح البحر في الاعماق الفائرة بين ثلاثة وأربعة أضعاف التكاليف في اليابسة .

٩ - سوف تلعب وسائل الاستخراج المحسنة دورا رئيسيا في زيادة المعدلات حتى نهاية القرن الحالي . فحيث أن نسبة تتراوح بين ٢٥ الى ٣٠٪ من النفط في باطن الأرض - هو الذي يستخرج فالتوقع أن يرتفع هذا الى حوالي ٤٠٪ عام ٢٠٠٠ مقسما كالتالي :

٤٥٪ في دول التعاون الاقتصادي والتنمية

٤٢٪ في بلدان التخطيط الاقتصادي

٣٨٪ في باقي بلدان العالم

١٠ - وأخيرا بالنسبة لمصادر الغاز الطبيعي فيتوقع الخبراء بأنها ستمثل - على الأرجح - ٨٣٪ من احتياطي النفط الخام (مقدرة بالمكافئ الحراري طبعاً) . وهذه النسبة هي أعلى من المتفق عليه عموما وهي ٧٠٪ .

تحليل وتعليق :

١ - بالنظر الى رقم الاحتياطي لمنطقة الشرق الاوسط وشمال افريقيا وهو ١٢٠ جيجا طن تقريبا . نجد أنه يمثل المرتبة الاولى بالنسبة للاحتياطي العالمي فالتوقع أن هذه المنطقة ستعطي بالتالي أعلى نسبة من الاستغلال بالوسائل المحسنة ولا غرابة أن تكون - وستظل - هذه المنطقة هي بؤرة الصراع العالمي وإن اختلفت أشكال هذا الصراع وهوية المتصارعين .

٢ - بالنظر الى رقم الاحتياطي لبلدان التخطيط المركزي وهو حوالي ٥٩ جيجا طن ويمثل المرتبة الثانية فبالنظر الى الكثافة السكانية مع معدلات التنمية فيها فلا بد ألا نتوقع منها تصديرا من نفوطها الى بلدان العالم الاخرى .

٣ - أن مصادر الطاقة - وعلى الأخص من النفط - في طريقها إلى الضوب ويدل على ذلك تشاؤم كل الخبراء بالنسبة لمعدلات الاستكشافات الجديدة . وهذا في حد ذاته لا بد وأن يكون دافعا قويا للعالم للبحث عن مصادر أخرى غير تقليدية للطاقة بطبيعة الحال جبا إلى جنب مع ترشيده استهلاكها ومع تطوير المصادر المائية لتمطي أقصى قدرة لها (وهذا في حد ذاته يلزمه بجانب النواحي الفنية والاقتصادية التغلب على المشاكل السياسية والقانونية) . والاتجاه إلى الطاقة النووية أمل العالم كله لحل مشاكل الطاقة .

٤ - أن مصادر الطاقة - وعلى الأخص في الفترة ما بين عامي ١٩٨٥، ١٩٩٥ - حيث ستكون فترة حرجة بالنسبة للطلب على النفط ومن ثم سيزيد معدل الضوب مما يسبب انخفاضا في أقصى معدل فني للإنتاج بما يتراوح ما بين ١٢ جيجا طن / سنة . وإذا استمرت زيادة الطلب على النفط خلال هذه الفترة مع حالة عدم كفاية الفحم المستخرج أو عدم كفاية الطاقة الكهربائية من المصادر النووية - وهو متوقع فعلا - فسيكون هنالك عدم توازن حاد بين الطلب على النفط والمتاح منه مما سيؤدي حتما إلى عدم السيطرة على أسعاره . وخلال هذه الفترة الحرجة وربما بعد ذلك لما بعد نهاية هذا القرن سوف يحتم - الإقلال من الطلب على النفط وربما سيكون المنفذ الاستهلاكي للنفط التقليدي سيكون في وسائل النقل بشكل عام وفي الصناعات الكيماوية . وبطبيعة الحال فهذه الفترة المتوقعة للاستخدامات الأولية للنفط ستتضمن انخفاض استخداماته لأغراض السخين والتي سوف تغطي نسبة كبيرة منها بالمصادر غير التقليدية للطاقة . وبدون شك سيقابل محاولة الحد من استخدام النفط كمصدر للطاقة زيادة في الطلب على الطاقة الكهربائية .

قانيا : النفط غير التقليدي

المقصود بالنفط غير التقليدي هو النفط الذي يتطلب لاستكشافه واستغلاله تكنولوجيا لم تتطور تماما بعد والذي تبدو جدواه الاقتصادية غير محدودة أو غير كافية اليوم .

وهذا النوع من النفط يحتاج الى قفزات كبيرة فى التكنولوجيا لاستكشافه واستغلاله والمتوقع عدم ظهوره بكميات كبيرة قبل عام ١٩٩٠ . وبهذا التعريف فان النفط غير التقليدي يشمل النفط المستخرج من الأعماق الفائرة فى البحار والمحيطات وفى المناطق القطبية وكذلك معظم الزيوت الثقيلة والنفط الناتج من تحسين عمليات الاستخراج والوسل القارى وزيوت الشست والوقود المستخرج من الفحم .

ونظرا لعدم ملائمة هذه الأنواع من النفط - ومن وجهة النظر الاقتصادية ما قبل الارتفاع السريع والحاد فى اسعار النفط بعد حرب أكتوبر ١٩٧٣ - فلم يسل العالم اهتماما كافيا - والى وقت قريب - لتقدير الاحتياطي العالى منه . ولكن - دون شك - بدأ العالم يغير من وجهة النظر هذه وبدأت الأبحاث والدراسات الخاصة باستكشاف واستغلال هذه الثروات تكون أكثر جدية .

وببدو للمحللين أن النفوط غير التقليدية ستكون عاملا هاما لحل أزمة الطاقة العالمية خلال القرن القادم . ولا بد من تدخل الحكومات لتنعيم إنتاجها .

وكما جاء بوقائع المؤتمر العالمى العاشر للطاقة الذى انعقد فى أسطنبول بتركيا فى سبتمبر ١٩٧٧ - فإنه فى حالة اكتفا شركات البترول بعائده رأسمال بنسبة ٨ الى ٩٪ فقط فإنه يمكن أنتاج البرميل من النفط غير التقليدي بسعر حوالى ١٥ دولارا بالمقارنة بالسعر وقتذاك وهو ١١ر٦٥ دولار للبرميل وعلى كل حال يمكن القول بشكل تقريبي أن انتاجه يمكن أن يزيد عن سعر أنتاج النفط التقليدي من ٢٠ - ٣٠٪ وبطبيعة الحال كلما ارتفع سعر النفط التقليدي كان الحافز لانتاج النفط غير التقليدي أكبر .

أهم انواع النفط غير الثقيل :

اولا : زيت الشمس :

هناك صخور تسمى الشمس القطراني عبارة عن صخور تحتوي على عنصر صلب من أصل عضوي يسمى كبروجين (وهي كلمة أمريكية الأصل) تعطى بتقطيرها زيتا ثقيلًا هو زيت الشمس تشبه مكوناته مكونات النفط الخام الثقيل ولكنه يتضمن مزيدًا من المواد العضوية ونسبة أقل من الهيدروجين . والمتبقى من عملية التقطير هو نوع من الكوك . وبحوثيات الكبروجين مختلفة ويقدر حوالي ١/ من الاحتياطات العالمية من الشمس القطراني ينتج قدرًا مرتفعًا من زيت الشمس (يتراوح بين ١٠٠ الى ٤٠٠ لتر لكل طن) على حين أن جانبًا كبيرًا - (حوالي ٨٠٪ تقريبًا) يعطى قدرًا أقل من زيت الشمس (أقل من ٤٠ لترا لكل طن) .

والمشكلة الرئيسية هي نقص الطرق الفنية القادرة على تأمين استخراجها بصورة تعطي عائدا كبيرا من الزيت الثقيل . وتبذل الجهود حاليا للتوصل الى هذه الطرق التي سوف تتيح اجراء تحليل للكبروجين في موقعه تحت سطح الأرض . ومن ثم القضاء على مشكلة استخراج كتل كبيرة من الصخور دون داع .

ويقدر الاحتياطي العالمي من هذا الزيت بحوالي ٤٠٠ (أربعمائة) جيغا طن - في اليابسة - يمكن استغلال حوالي ٣٠ (ثلاثين) منها فقط بالتكنولوجيا المتاحة .

ويبدو أن الولايات المتحدة الأمريكية (وولاية كولورادو بالذات) ستكون أول من ينتج في هذا المجال .

ولقد أجريت دراسة عن التكاليف الاستثمارية للإنتاج عام ١٩٧٦ - فوجدت أنها ٢٠ (عشرون دولار / برميل / يوم . فانه - وطبقا لأسعار عام ١٩٧٦ نحتاج الى رأسمال لتغطية التكاليف الاستثمارية فقط (وليس الإنتاج) يقدر بـ ٢٠٠ مليون دولار . أما بالنسبة لتكاليف الإنتاج فطعا تختلف حسب السعة الانتاجية للحقل ولكل قدرت - بأسعار عام ١٩٧٦ بأن تتراوح بين ٢٠ الى ٢٥ دولارا للبرميل باعتبار معدل فائدة مقداره ١٥٪ وبطبيعة الحال لابد من إعادة هذه الحسابات وفقا لظروف العالم الاقتصادية .

ولكن لا يزال هناك بعض الأمل في تخفيض تكاليف إنتاج هذا النوع من الزيت (الى النصف تقريبا) وذلك باستخدام طريقة الحرق غير الكامل في الموقع والمسماه بطريقة « جاربت » .

ولكن رغم كل هذا فيبدو للمحللين أن زيوت الشست سوف لا يكون لها دور مؤثر قبل نهاية هذا القرن وبافتراض تبني الحكومات تطوير التكنولوجيا اللازمة .

ثانيا - الرمال القارية أو رمال الأسفلت :

وتمثل هذه بدورها مصدرا كبيرا وهاما من مصادر المحروقات وهذه الرمال عبارة عن تكوينات تحتوى على زيت مركب من الوقود السائل والهيدروكربونات الموجودة فى كل من الرمال القارية ورواسب النفوط الثقيلة لها كثافة نوعية كبيرة كما أنها تحتوى على نسبة عالية من الكبريت والمعادن وتسمى هذه الهيدروكربونات والتي لا تتدفق فى ظروف درجات الحرارة المحيطة بالبثومين بينما تلك التي تتدفق تسمى النفوط الثقيلة . وتوجد هذه الزيوت النفطية بوفرة فى كرتنا الأرضية وعلى مدى جغرافى شاسع ويبلغ احتياطها العالمى عدة أضعاف احتياطى النمط التقليدى ، ويوجد ٩٠٪ من احتياطى العالم من الرمال القارية والنفوط الثقيلة فى ثلاث دول هي : كندا - فنزويلا - الاتحاد السوفيتى .

توزيع الاحتياطيات العالمية من النفوط غير التقليدية :

أولا : يوجد حوالى ٣٠٠ بليون طن أى ٢١٠٠ بليون برميل تقريبا مقسمة على أربعة حقول ضخمة هي :

- حقول « أورينوكو » بفنزويلا ويقدر بـ ٧٠٠ بليون برميل .
- حقول « اثاباسكا » بكندا ويقدر بـ ٦٠٠ بليون برميل .
- حقول « أولنيك » بالاتحاد السوفيتى ويقدر بـ ٦٠٠ بليون برميل .
- حقول « كولديك » بكندا ويقدر بـ ١٦٠ بليون برميل .

ثانيا : يوجد ٢٧ بليون طن (حوالى ١٩٠ بليون برميل) موزعة على ثمانية حقول هي :

- اثنتان بكندا (حقول « اثاباسكا » و « بيس ويفر ») يقدر مجموعها بـ ١٦٠ بليون برميل .
- خمسة حقول بالولايات المتحدة الأمريكية يقدر مجموعها بـ ٢٧ بليون برميل .
- حقول واحد فى مدغشقر (حقول بيمولانج) يقدر بـ ١٧٠ بليون برميل .

الثالث : يوجد حوالى ١٢٠ مليون طن (حوالى ٨٦٠ مليون برميل)
فى تسعة حقول متوسطة الأحجام هى :

— أربعة حقول بالولايات المتحدة الأمريكية يقدر مجموعها بـ ٣٢٠
مليون برميل .

— حقل واحد فى ألمانيا (حقل سيلينزا) يقدر بـ ٣٧٠ مليون
برميل .

— حقل فى فنزويلا يقدر بـ ٦٢ مليون برميل .

— حقل فى تراينداد يقدر بـ ٦٠ مليون برميل .

— حقل فى رومانيا يقدر بـ ٢٥ مليون برميل .

التكنولوجيا المتاحة والبرامج العالية لاستخراج النفط غير التقليدية :

يمكن تقسيم تكنولوجيا استخراج كل من البيتومين والنفط
الزبدية الى فصلتين هما : —

١ — التجميع السطحي أو عمليات الاستخراج من السطح (أو فى
المرء) وفيها تكون ميكنة عمليات الاستخراج أقل تمقيدا وبالتالي أقل
تكلفة .

٢ — عمليات الاستخراج عن طريق الأعمال تحت السطحية
(*In situ*) وهى عالية التكاليف . فغالبا ما تتطلب عملية الاستخراج
حفر وتفجير كميات هائلة من الصخور أو باستخدام مجارف ميكانيكية
تعمل لفتح خنادق لنقل أو تحريك الكتل العليا لاستخراج الرواسب .

ويوجد فقط نسبة تتراوح بين ٥٪ الى ١٠٪ من الاحتياطى العالمى
هو الذى يمكن استخراجه بالعمليات السطحية . والباقي لابد من
لإستخدام تكنولوجيا الأعمال تحت السطحية لاستخراج ما يقدر بنسبة
تتراوح ما بين ٣٠٪ الى ٥٠٪ من جملة الاحتياطيات .

والهيدروكربون المستخرج بأى من الطريقتين لابد من رفع قيمته
كوقود بتحويله الى نפט خام صناعى باستبعاد الكربون منه (بعملية
التكويك) أو بالهدرجة (إضافة هيدروجين له) وفى عملية المعالجة
للمرواسب يفصل الكبريت والمعادن عن البيتومين أو النفط الثقيل وذلك
لتسهيل عملية نقله . وكلا من طريقتى الاستخراج المذكورة بعالته تحتاج
الى تكاليف وعمالة هائلة سواء اثناء مراحل الانشاء أو التشغيل .

وقد أجريت دراسات اقتصادية بالنسبة لاستغلال حقول كندا وكانت النتيجة أنه - وبأسعار عام ١٩٧٦ - تتكلف استثمارات عملية التنجيم السطحي ٢٢٠٠ (ألفان ومائتان) دولار/برميل /يوم . بينما وجد أن تكاليف التشغيل المباشرة (وبأسعار عام ١٩٧٦) تتراوح بين ٥ و٦ دولارات لكل برميل من النفط الخام أي أن تكنولوجيا عمليات التنجيم السطحي تحتاج الى استثمارات وتكاليف تشغيل كبيرة لتتغشى مع مشكلة تداول المهمات الضخمة بينما تختفى هذه المشكلة بالنسبة لتكنولوجيا عمليات التنجيم تحت السطح *In Situ* لتحل محلها الحاجة الى الطاقة اللازمة للتشكيل لتحسين عملية نقل المخزون من الهيدروكربون .

وكل من العمليتين تستخدم نفس تكنولوجيا رفع الرتبة (أو القيمة لانتاج خامات صناعية متماثلة .

وعلى نطاق تجارى فهناك عمليتان تستخدمان التنجيم السطحي في كندا في مراحل الاعداد للتشغيل أو ربما مراحل التشغيل حاليا .
مشروع الرمال النفطية الكندي (Great Canadian Oil Sands-GCOS) يعمل منذ عام ١٩٦٧ بطاقة انتاجية مقدارها ٥٠٠.٠٠٠ برميل يوميا من الخام الصناعي . ومشروع سيكرود كندا المحدود - والذي تبلغ طاقته التصميمية ١٢٥٠.٠٠٠ برميل يوميا من الخام الصناعي بدأ تشغيله في عام ١٩٧٨ .

وفي مجال تكنولوجيا عمليات التنجيم تحت السطح فإن كلا من كندا وفنزويلا والاتحاد السوفيتي يعتبرون روادا في هذا المجال . ويعتبر حجم الاحتياطي القابل للاستخراج بواسطة هذه التكنولوجيا هو الباعث الحقيقي للتطور الاقتصادي للطرق المستخدمة . هذا إضافة الى الباعث الخاص لانتاج أكثر من ١٢٥٠.٠٠٠ برميل يوميا بوسيلة واحدة .
ففي كندا أكثر من ٢٥٠ مليون دولار أنفقتها هيئة « أوسترا » على خمسة عمليات استخراج مختلفة الأساليب هذا إضافة الى مبلغ مائة مليون دولار سبق أن أنفقتها المؤسسات الصناعية الكندية في محاولة لإيجاد وسيلة تجارية لعملية الاستخراج ويعتبر عام ١٩٨٥ هو اقرب أو الأكثر تقاؤلا لإيجاد - وسيلة تجارية لانتاج ١٢٥٠.٠٠٠ برميل يوميا من الخام الصناعي في كندا .

أما البرنامج الفنزويلي فيعتبر متخلفا بالنسبة للبرنامج الكندي وهو بشكل عام يهدف الى انتاج ١٢٥٠ ميجا طن /سنة عام ١٩٩٠ ولا تقل المجهودات الفنية للاتحاد السوفيتي عن نظيرها في كل من كندا وفنزويلا .

ويقوم السوفيت حاليا بعملية مشتركة للتنجيم تحت سطح الأرض جنباً إلى جنب مع عمليات استخراج الطاقة من باطن الأرض في حقل « ياريجا » تحليل وتعليق على الموقف العالمي أزاء النفوط التقليدية وغير التقليدية :

اولا : بالنسبة للتقدم التكنولوجي في عمليات الاستخراج :

على الرغم من أن التقدم في تكنولوجيا استخراج النفوط غير التقليدية قد حدث فعلا وهو مستمر بدون شك وأخذ في الحسبان التقدم المتوقع بعد ذلك عند تنبؤ المحللين والمتخصصين إلا أنه يجدر الإشارة هنا الى أنه بأي حال فإن هذا التقدم لا يمكنه أن يزيد من عدد الحقول الضخمة التي هي مستكشفة من قبل - والتي تحتوى على معظم الاحتياطيات المالية وبطبيعة الحال من الصعب جدا التنبؤ بحوث ثورة في التكنولوجيا والتي من شأنها أن تزيد من معدل الاستكشاف بدرجة كبيرة .

ثانيا : بالنسبة لسعر النفط عامة :

يرى بعض الخبراء أنه فيما يختص بمعدل استخراج النفط - وهو يقدر حالياً بحوالى ٢٥٪ من الاحتياطي المتبقي - يمكن رفع هذا الرقم وبتكاليف أقل في الدول المصدرة للنفط عنها في الدول الصناعية . وهذا التحسن - والذي يعتبره خبراء الدول المستهلكة للنفط - هو مسئولية الدول المنتجة له - يمكن الوصول اليه برفع أسعار النفط . حيث يؤدي ذلك الى زيادة احتياطي نفط الشرق الاوسط بنسبة يقدرونها بما يتراوح ما بين ٥٠٪ و ١٠٠٪ وحيث أنه بنهاية هذا القرن يمكن الاستعاضة عن ٦٠٪ من استخدامات النفط بالفحم والحرارة النووية . واننى يمكن انتاجها بحوالى ٢٠٪ الى ٤٠٪ من سعر النفط المكافئ حالياً تقريبا .

ثالثا - بالنسبة لتمويل عمليات الاستكشاف والتطوير :

فاذا كانت أقصى طاقة انتاجية للنفط تتراوح ما بين ٤ الى ٥ جيجا طن سنوياً وإذا كانت الدول المصدرة للنفط واننى تمتلك حوالى ٦٠٪ من مصادرها لا تبدل الجهد اللازم لتطوير الحقول الانتاجية فإن الشركات في الدول الصناعية الفنية لن تبدأ أية خطة استثمارية على نطاق واسع في الدول النامية ما لم تكن هنالك ضمانات كافية - فى حالة نجاح عمليات الاستكشاف والتطوير - للحصول على عائد يمكن أن يكون على نفس المستوى أو قريبا من مستوى العائد به عليه فى حالة الاستثمار فى الدول الصناعية وهو حسب تقديرات عام ١٩٧٦ يتراوح ما بين دولار ودولارين للبرميل بينما العائد المقترح فى الدول النامية أقل من ذلك بكثير (ما بين

٢٥ الى ٤٠ سنتا للبرميل عام ١٩٧٦) • وحتى هذا الرقم - اذا وافقت عليه الدول الصناعية المستثمرة - يتطلب ضمانه بميكانيزم دولي يجعلها تتأكد من تنفيذ العقود بطريقة تجعلها مطمئنة •

أما المساعدات الجديدة أو المقيّدة والتي يمكن أن يمدّها البنك الدولي للحكومات حتى تبدأ الانتاج من الحقول الضخمة (وعلى سبيل المثال قدم البنك مساعدة قيمتها ١٥٠ مليون دولار لحكومة الهند لمساعدتها لانتاج النفط من الحقل الضخم في مدينة بومباي) فإنها تعتبر ذات قيمة طيبة ولا شك • ولكن يجدر الإشارة الى أن مصادر التمويل المتاحة دائما لدى البنك الدولي ليست دائما على نفس مستوى المشكلة •

وتطوير مصادر الطاقة - بشكل عام في الدول النامية - لابد وأن يتطلب مساعدة كبيرة من الدول الصناعية على شكل :

- قروض بفوائد مميزة

- مساعدتها في تصريف انتاجها الصناعي

- نقل التكنولوجيا اليها بتكاليف رخيصة

ويجدر بنا الإشارة هنا الى أن أغنى دول الاوبك (مثل السعودية) تقوم فعلا بالمساعدة في هذا التطوير بدرجة معقولة ولكن مساهمتها تنحصر في توفير جزء من الاستثمارات المالية فقط •

ولكن ما هي الشروط اللازمة للحصول على أعلى طاقة إنتاجية ؟

ما زال السؤال الذي يعير السياسيين العالميين هو « هل النفط متاح حاليا يكفي - متطلبات العالم لمدة ثلاثين أو أربعين عاما قادمة ؟ » •

الاجابة عن هذا السؤال يمكن أن تكون « نعم » اذا كان المقصود هو النفط من كل المصادر ويمكن أن تكون « لا » اذا كان المقصود هو النفط التقليدي والذي يمكن انتاجه بتكاليف زهدة •

فالنفط التقليدي لن يكفي احتياجات العالم على هذا المدى القصير والمقدر لها من ٤ : ٥ جيجا طن عام ١٩٩٠ • ولكن سيكون هنالك احتياطي من النفط غير التقليدي الباهظ التكاليف ليفي بالاحتياجات الى مستوى محدود من الاستهلاك في التطبيقات المحددة بالمنتجات النفطية (مثل وسائل المواصلات والصناعات الكيماوية) • أما الاحتياجات الأخرى فيمكن تغطيتها بالوسائل الأرضي (مثل الفحم والطاقة النووية) •

وحيث أن الاستهلاك المتوقع - والمقدر له ما بين ٤ إلى ٥ جيغا طن سنوياً - فيجب ومن الآن رصد الاستثمارات اللازمة له حتى لا يقع العالم في أزمة اقتصادية حادة نتيجة النقص الحاد في مصادره وهنا ينبغي لنا أن ننوه بأنه لا بد من توافر الظروف المالية والاقتصادية والتكنولوجية والسياسية الملائمة فمثلاً :

١ - لا بد من توافر مصادر تمويلية كافية (رأسمال - قروض - تمويل ذاتي) للشركات العامة والخاصة ، ويبدو أن هذا الشرط لا يزال حالياً بعيداً عن التغطية المطلوبة . ولا بد من اتخاذ الاجراءات المساعدة مثل إعادة النظر في الأسعار والضرائب المفروضة على صناعة النفط . كما يجب احداث بعض التغييرات في العلاقات بين الحكومات وشركات النفط (العامة والخاصة) لتكون أكثر تعاوناً وخاصة في بعض البلاد الصناعية .

٢ - سوف تتحدد أقصى طاقة إنتاجية للنفط - خلال العقدين أو الثلاثة القادمين - بمعدل الاستكشافات الجديدة من الرواسب التي تحتوي على النفط غير التقليدية وبالتالي في الطرق الفنية لعمليات الاستخراج المحسن . ويمكن الحصول على أقصى طاقة إنتاجية بتوظيف الاستثمارات في جميع المناطق النفطية في العالم بنسبة تقريبية مع فرص تواجد مصادر جديدة ولا يوصى بتوظيف الاستثمارات بطريقة الأفضلية المباشرة المتبعة حالياً في المناطق التي من المستبعد أن تعطى إنتاجاً كبيراً .

وإنه لمن صالح البشرية عامة أن تستخدم الوسائل المحدودة للاستغلال والتطوير بكل كفاءة ممكنة .

وحتى المحاولات التي تمت خلال منتصف السبعينيات لعمل جسر لعبور الثغرات بين الشمال والجنوب (حوار الشمال والجنوب) جاءت بنتائج مخيبة للآمال وما لم تبدل الاقطار المنتجة للنفط ذاتها المجهد الصادق لاستثمار النفط فلا بد اذن من عمل اتفاقات دولية للتأكد من أن المال اللازم لاستثمار المصادر لا يستغل خارج الدول النامية حيث توجه ٥٥% من مصادر النفط في العالم وذات التكلفة الأقل . ويبدو أن هذا يتوافق مع مصالح الدول التي تقع في هذه المناطق والتي لا تملك الوسائل أو ربما لا تملك الرغبة في القيام بهذا الاستثمار بنفسها وكمورد للنفط فسيظل الشرق الأوسط وكذلك أفريقيا وأمريكا اللاتينية في صدارة هذه الدول على المدى الطويل .

٣ - لا بد من مساعدة الحكومات في تطوير التكنولوجيا اللازمة

لعمليات الاستكشاف والانتاج . ثم يأتي بعد ذلك تدريب المتخصصين في التكنولوجيا الجديدة .

٤ - هنالك مغامرة تنطوي على مخاطر كبيرة ما لم يصل الانتاج الى أقصى معدل له وعلى الرغم مما يلي :

- ارتفاع التكاليف نتيجة لاستنفذ الموارد الطبيعية .

- عدم الرغبة عامة في الاستثمارات طويلة الأجل في زمن ترتفع فيه نسبة التضخم .

- انعدام التكافؤ بين الدول المنتجة للنفط في المساهمة في الاستثمارات الخاصة بتطوير وإنتاج حقول النفط .

- ميل شركات النفط لتوظيف استثماراتها في البلاد الصناعية فقط على الرغم من افتقر هذه البلاد للمصادر النفطية .

- على الرغم مما يبدو من مزايا هذا التأخير الزمني من وجهة نظر اطالة مدة الانتاج حتى أوائل القرن القادم الا أن الفائدة التي تعود من ذلك ليست بالكبيرة حيث أن التحول من استخدام النفط التقليدي الى استخدام الفحم والطاقة النووية من جهة واستخدام النفوط غير التقليدية من جهة أخرى يعتبر من المشاكل التي لا بد من مواجهتها خلال العشرين سنة القادمة .

٥ - على الرغم من التحديات المتمثلة في قصور التكنولوجيا الخاصة باستغلال المصادر هي حقيقة واقعة الا ان التحديات السياسية ما زالت هي الأكثر خطورة . فيجب ان نتذكر هنا انه حتى لو اتيمحت أقصى طاقة انتاجية من الناحية الفنية الا ان الوصول الفعلي اليها تحدده القرارات السياسية .

٦ - على الرغم من العقبات التي تحول دون وصول مؤسسات صناعة النفط الى أقصى معدلات الانتاج الفنية فان الأخطر منه هو عدم الاعتقاد بوجود هذه العقبات .

وتوفير حجم الاستثمار اللازم يتطلب ان يقتنع الرأي العام بأن المشاكل التي تواجهه هي مشاكل حقيقية . وان يكون هنالك رغبة حقيقية لابتعاد الحل .

الغاز الطبيعي

على الرغم من ان الغاز الطبيعي يمكن اعتباره وقودا نظيفاً وهو مناسب جداً كوقود منزلي يستخدم لأغراض الطهي والتسخين والتدفئة علاوة على انه مادة أولية ذات قيمة اقتصادية مرتفعة بالنسبة للصناعات البتروكيمياوية الا اننا نرى ان الاعتماد عليه كمصدر للطاقة يختلف من مكان لآخر فحيث نرى مثلاً ان الولايات المتحدة وهولندا تعتمد عليه اعتماداً كبيراً نجد على العكس من ذلك تماماً في السويد والمانمارك حيث لا يعتمدون عليه إطلاقاً كمصدر للطاقة وعلى الرغم من انه يوجد في العالم احتياطي هائل جداً من الغاز الطبيعي الا أن دوره كمصدر للطاقة لن يتحدد بكمية المنتج منه ولكن بمشاكل نقله وتوزيعه من الآبار المنتجة الى المستهلكين وهذه تتم بأحدى وسيلتين :

١ - بإنشاء شبكة من الأنابيب لنقل الغاز وهذه تتطلب استثمارات كبيرة وعليه لا تكون ذات جدوى اقتصادية دون توافر احتياطي كبير من الغاز مع ضمان استمرار الطلب عليه في نفس الوقت .

٢ - بتسييل الغاز (تحويله الى سائل) ونقله بواسطة الناقلات ثم إعادة تحويله الى غاز مرة ثانية عند الطرف المستهلك . وهذه الطريقة لها عيوبها فهي تفقد الغاز حوالي ٢٥٪ من طاقته الأصلية أثناء عمليات التحويل إضافة الى مخاطر انفجار إحدى ناقلات الغاز السائل وقد يحدث ذلك في أحد الموانئ مما يسبب أضراراً بالغه .

تقديرات الطاقة الانتاجية للغاز :

يبين الجدول رقم (٣ - ١) الطاقة الانتاجية للغاز الطبيعي وفقاً

المصادر المؤتمر العالمي للطاقة الذي انعقد في اسطنبول عام ١٩٧٧ مع
علم الأخذ في الاعتبار مصادر الانتاج غير التقليدية (مثل غازات الفحم
والفيسيت والكتلة الحية ٠٠٠ الخ وكما جاء في جريدة النفط والغاز
(مجلد ٧٥ - رقم ٤ - ص ٩٥) وهي كالتالي :

جدول (٣ - ١) تقديرات انتاج الغاز مقدرة بالاكسارمول

المنطقة	عام ١٩٧٦ (حقيقي)	عام ١٩٨٥ عالي	عام ٢٠٠٠		عام ٢٠٢٠	
			عالي	متوسط	عالي	متوسط
أمريكا الشمالية	٢٣	٢٩٧	٢٧٣	٢٦٦	١٠٧	٧٥
أوروبا الغربية	٦٤	٩٦	٨٧	٨٤	٢٢	١٦
البحرين	٠٣	٠٤	٢١	٢١	٤٦	٤٥
الاتحاد السوفيتي وأوروبا الشرقية	١٢٨	٢١٨	٥٥٧	٥٥٦	٢٨٥	٢٥٣
الصين وبلاد آسيا الأخرى	١٤	١٧	٢٩	٢٩	٦١	٦٠
دول الأوك (مجموعة ١)	٠٥	٧٠	٣٨١	١٨١	١٧٧	١٦٤
دول الأوك (مجموعة ٢)	٣٤	٤٢	٢١٣	٢١٣	٤٥٦	٤٤٦
أمريكا الوسطى	٠٩	١١	٢٣	٢٢	١٦	١٤
أمريكا الجنوبية	٠٨	١٠	٢٢	٢٢	٤٨	٤٧
الشرق الأوسط	٠١	٠٥	١٠	١٠	٠٣	٠٢
شمال أفريقيا	٠٢	٠٣	٠٥	٠٥	٠٥	٠٤
شمال الصحراء الأفريقية	٠١	٠١	٠٢	٠٢	٠١	٠١
شرق آسيا	٠١	٠١	٠٢	٠٢	١٦	١٠٦
جنوب آسيا	٠٣	٠٥	١٠	١٠	٠٧	٠٥
الاجمالي العالمي	٥٠٣	٧٦٨	١٤٣٥	١٤٢٣	١٢٥٠	١١٤٨

تقديرات الاحتياطات المتبنة والمصادر التي لم تستكشف بعد

يبين الجدول رقم (٣ - ٢) هذه التقديرات وحسب ما جاء بوثائق
المؤتمر العالمي للطاقة باسطنبول عام ١٩٧٧ .

جدول (٣ - ٢)

لتدويرات احتياجات . ومصادر الانتاج التراكمي للغاز عام ١٩٧٥

مقدرا بالاكساجول

المنطقة	الاحتياطات المثبتة	مصادر لم تستكشف	الانتاج التراكم
أمريكا الشمالية	٣١٠	١٦٤٠	٦٣٧
أوروبا الغربية	١٥٢	٣١٥	٤٣
البحر	٤١	٢٣٢	٠٢
الاتحاد السوفيتي وأوروبا الشرقية	٧٩٥	٢٢٢٢	١٤٠
الصين ودول آسيا الأخرى	٢١	٣٨٠	٠٢
دول الأوبك (مجموعة ١)	٢٥٠	١٠٤٢	٥٠
دول الأوبك (مجموعة ٢)	٦٨٧	١٦٧٥	٣٤
أمريكا الوسطى	٢٠	١٢٧	١٠
أمريكا الجنوبية	٢٢	٢٧٧	٠٥
الشرق الأوسط	١٥	٣٠	٠١
شمال أفريقيا	٠٨	٣٢	٠١
جنوب الصحراء الأفريقية	٣	١٢	٠١
شرق آسيا	٢١	١٢٠	٠١
جنوب آسيا	١٦	٤٣	٠٢
الإجمالي	٢٣٦٢	٨١٤٧	٩٢٩

★ المجموعة الأولى من دول الأوبك تشمل العراق - إيران -

قطر - ليبيا - الجزائر .

والمجموعة الثانية تشمل السعودية - الكويت - الإمارات العربية

- ليبيا - قطر - نيجيريا .

تحليل وتعليق :

بفحص الجدول (٣ - ٢) فيمكن القول بأنه :

اولا :

توجد إمكانية لزيادة إنتاج الغاز الطبيعي التقليدي خلال العشر سنوات القادمة مع دوام بقاء هذا الإنتاج أعلى من المعدلات الحالية على الأقل حتى عام ٢٠٢٠ فبينما يقدر المعدل العالمي الحالي بحوالى ٥٠ اكساجول فإن الاحتياطيات المثبتة تقدر بحوالى ٢٣٦٢ اكساجول والمصادر غير المستكشفة بحوالى ٨١٤٧ اكساجول وبلغ اجمالى الإنتاج العالمى منه حتى ١٩١٧٥ حوالى ٩٢٩ اكساجول أى حوالى ٤٠٪ من اجمالى الاحتياطيات المثبتة أو ١١٪ فقط من جملة المصادر التى لم تستكشف بعد .

ثانيا :

حتى فى حالة إنتاج الغاز الطبيعي بضعف المعدل الحالي (أى حوالى ١٠٠ اكساجول) فإن المصادر التقليدية للغاز الطبيعي ستكون كافية لبقاء هذا المعدل فى الإنتاج (أو قريبا منه) لمدة خمسين عام أخرى على الأقل .

وهذا الإنتاج لا يمترض إضافات أخرى للإنتاج من المصادر غير التقليدية مثل الغاز الطبيعي الناتج من التكوينات المضغوطة تحت القشرة الأرضية أو من المهد الفحمية Coal beds أو من أحجار الشست أو من الكتل الحية . وهذه تمثل ولا شك إضافات لا بأس بها تقدر ببضعة آلاف اكساجول .

ثالثا :

على ضوء أسعار النفط فإن الخبراء العالميين يقندرون إنتاج العالم من الغاز الطبيعي عام ١٩٨٥ بحوالى ٧٧ اكساجول وبحوالى ١٤٣ اكساجول عام ٢٠٠٠ .

وبهذا المعدل من الزيادة (أى حوالى ٤٤٪ حتى عام ٢٠٠٠) فيقدر الخبراء - العالميون بأن الإنتاج العالمى سيصل الى طاقته القصوى بعد عام ٢٠٠٠ بفترة وجيزة ثم يقل الى ١٢٥ اكساجول عام ٢٠٢٠ واثنا هذه الفترة (من عام ٢٠٠٠ حتى عام ٢٠٢) يكون حوالى ٥٠٪ من الاحتياطى المقدر حاليا قد تم انتاجه وستكون دول - الأوبك والاتحاد السوفيتى هى المناطق الى يعول عليها كثيرا فى إنتاج الغاز الطبيعي خلال العقد القادم .

ويمكن لطاقة الإنتاج أن تصل الى أعلى معدل لها قبل عام ٢٠٠٠
في منطقتين فقط من العالم وهما أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية .

وعلى النقيض فهناك مناطق عديدة وعلى الأخص المجموعة الثانية لئول
الأربك فسيمكنها الاستمرار في زيادة انتاجها حتى عام ٢٠٢٠ .

العرض والطلب على الغاز الطبيعي :

نظرا لاختلاف مناطق العالم المصدرة والمستهلكة للطاقة في اعتمادها
على الغاز الطبيعي كمصدر للطاقة فمن الأفضل لتقديرات العرض والطلب
مستقبلا أن ندرسها حسب المناطق أولا ومن ثم تقديرها بالنسبة للعالم
ككل .

ففي عام ١٩٥٠ بلغ استهلاك أمريكا الشمالية من الغاز الطبيعي
حوالي ٣٢٢ مليون برميل يوميا من المكافئ النفطي (أي حوالي ٧٠
أكساجول أو ١٨٢ بليون متر مكعب من الغاز سنويا) وهي تمثل ٩٪
من الطاقة المستهلكة في هذه المنطقة وفي نفس الوقت تمثل ٩١ ٪ من
الاستهلاك العالمي وقتذاك باستثناء الدول الاشتراكية أما في أوروبا الغربية
فلم تنتعش صناعة الغاز الطبيعي الا بعد اكتشاف غدد من الحقول في
هولندا - وفرنسا وإيطاليا وبحر الشمال في أواسط الستينات .

وفي عام ١٩٧٥ بلغ الاستهلاك ٣١٢ مليون يوميا من المكافئ النفطي
(حوالي ١٧٧ بليون متر مكعب سنويا) وهو يمثل ١٩٪ من الاستهلاك
العالمي للغاز - باستثناء الدول الاشتراكية كذلك .

التوقعات المستقبلية للطلب على الغاز الطبيعي :

١ - (في أمريكا الشمالية) :

كان استهلاك الغاز الطبيعي في هذه المنطقة خلال السنوات الماضية
(من عام ١٩٥٠ حتى عام ١٩٧٥) في ارتفاع مستمر وبمعدل زيادة أكبر
من الإضافات - للاحتياجات فيها .

وكما بينا بالجدول رقم (١-٣) فإن الإنتاج المتوقع عام ١٩٨٥ أن
يصل الإنتاج الى حوالي ٢٩٧ أكساجول سنويا (أي ما يعادل حوالي ١٣٥
مليون برميل فقط مكافئ يوميا) ثم بعد ذلك فإن المتوقع هبوط الإنتاج
وذلك لصعوبة العثور على احتياطات جديدة .

وخلاصة الفترة من عام ١٩٨٥ الى عام ٢٠٠٠ فإن جزءا متزايدا من

الانتاج في هذه المنطقة سيأتي من منطقة آلاسكا إما بواسطة الانابيب أو على هيئة غاز مسيل .

أما توقعات الطلب على الغاز في هذه المنطقة فسوف تتراوح ما بين ٨٢ الى ١٠٠ مليون برميل يوميا مكافئ نفطى (أى حوالى من ١٩ الى ٢٢ اكساجول سنويا) فى عام ١٩٨٥ ومن ٧٨ الى ٨٨ مليون برميل يوميا مكافئ نفطى (أى من ١٧ الى ١٩ اكساجول سنويا) عام ٢٠٠٠ بتحليل هذه الأرقام يمكن ببساطة أن نستنتج أن هذه المنطقة سوف تعانى نقصا فى الغاز الطبيعى مستقبلا وعليه لتعويض ذلك يجب اللجوء الى أستيراد ما بين ١٢ الى ٢٥ مليون برميل يوميا من النفط المكافئ (أى ما بين حوالى ٦٨ الى ١٤٢ بليون متر مكعب من الغاز الطبيعى سنويا) خلال هذه الفترة .

٢ - فى أوروبا الغربية :

يوجد فى كل من النرويج وهولندا والمملكة المتحدة احتياطات كبيرة من الغاز الطبيعى كما توجد مصادر أخرى لا بأس بها فى بلدان أوروبا الغربية الأخرى مثل إيطاليا وألمانيا وفرنسا وبصورة عامة فإن إنتاج الغاز فى أوروبا الغربية من المتوقع أن يرتفع وحسب الجدول رقم (١-٢) من ٢٦٤ اكساجول سنويا يعادل ٢٩ مليون برميل يوميا مكافئ نفطى أو ١٦٥٣ مليون متر مكعب سنويا (عام ١٩٧٦ الى حوالى ٩٦ اكساجول سنويا (ما يعادل ٤٣٥ مليون برميل يوميا مكافئ نفطى أو ٢٤٨ مليون متر مكعب سنويا) عام ١٩٨٥ ثم يهبط الى ما بين ٨٧ الى ٨٤ اكساجول سنويا عام ٢٠٠٠ .

أما الطلب خلال تلك الفترة فسوف يتراوح ما بين حوالى ١٣٥ اكساجول سنويا عام ١٩٨٥ الى ما بين ١٣١ الى ١٧٢ اكساجول سنويا عام ٢٠٠٠ معنى ذلك فإن النقص المقابل سيكون حوالى ٣٩ اكساجول عام ١٩٨٥ وما بين ٤٤ الى ٨٨ اكساجول عام ٢٠٠٠ -

وقد يمكن تعويض هذا النقص من خلال الاستيراد من البلاد ذات الفائض مثل الاتحاد السوفيتى أو الجزائر أو إيران أو ليبيا مثلا .

٣ - اليابان :

إنتاج الغاز فى اليابان ضئيل جدا أما الطلب فسوف يتراوح ما بين ٣٣ الى ٣٣ اكساجول سنويا حتى عام ٢٠٠٠ وهذا بطبيعة الحال سوف يكون بطريق الاستيراد .

المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي :-

يجب التنويه هنا إلى أن التقديرات السابق اعطاؤها لم تأخذ في الاعتبار المصادر غير التقليدية مثل :

- الغاز الناتج من الفحم .
- الغاز الناتج من الكتلة الحيوية
- الغاز الناتج من التكوينات المضغوطة تحت القشرة الأرضية .
- الغاز الناتج من حجر الشست .

أما المعلومات الخاصة بمدى إمكانية استخراج الغاز من هذه المصادر فوعمل مستوى العالم فهي غير محددة حتى الآن أما بالنسبة للولايات المتحدة الأمريكية فيبين لنا الجدول رقم (٣ - ٣) تقديرات هذه المصادر .

جدول (٣ - ٣)

تقديرات المصادر الثانوية للغاز الطبيعي بالولايات المتحدة الأمريكية

المصدر	القيم التقديرية بالاكساجول
- غاز مستخلص من الفحم	٣٢٥ الى ٨٧٠
- غاز مستخلص من حجر الشبست	٥٤٥ الى ٦٥٠
- تكوينات متماسكة	٦٥٠
- غازات مضغوطة داخل القشرة الأرضية	٣٢٠٠ الى ٥٤٤٠

ومازال الامل كبيرا في تقديم تكنولوجيات عمليات الاستخراج المحسنة والتي من شأنها رفع معامل الاستخراج عن قيمته الحالية والتي تتراوح ما بين ٧٠ - ٨٠ % .

توقعات التجارة الدولية للغاز الطبيعي مستقبلا :

بالرغم من حجم تجارة الغاز الطبيعي الدولية مازال صغيرا في الوقت الحالي (بالمقارنة بحجم تجارة النفط السائل مثلا) الا أن هناك خططا مستقبلية لتوسيعها والتي يمكن تقسيمها الى ثلاث مجموعات هي :

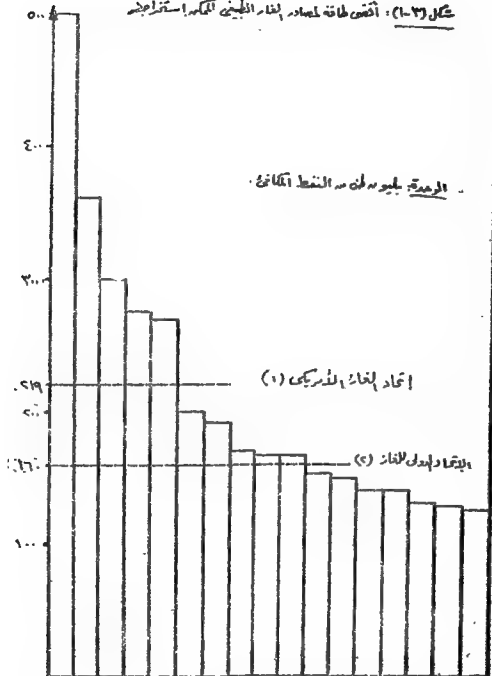
أولا : تصدير الغاز الطبيعي من الاتحاد السوفيتي بواسطة الأنابيب والتي هي الآن حوالي ٥٠ مليون برميل يوميا (حوالي ٣٠ بليون متر مكعب سنويا) من النفط المكافئ وهذا الرقم قد يصل الى الضعف تقريبا عام ٢٠٠٠ .

ثانيا : تصدير الغاز الطبيعي من مجموعة دول الأوبك في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حيث هناك خطط لمشاريع مد أنابيب نقل الغاز من هذه المناطق الى أوروبا الغربية وهذا في حالة نجاحها فالتوقع أن تمد أوروبا الغربية ما بين ٢٠ الى ٣٠ مليون برميل يوميا من النفط المكافئ (ما بين ١١ الى ١٧ بليون متر مكعب سنويا) .

ثالثا : تصدير الغاز السائل من مجموعة دول الأوبك - التي ربما تصل الى حوالي ١٧٧ بليون متر مكعب سنويا في حالة إنجاز المشاريع المقترحة فاذا علمنا أن كثيرا من المشاريع المقترحة - وخاصة مشاريع الغاز السائل لا تزال على الورق فإن النقص العالمي من الغاز الطبيعي سيكون بمقدار ٢٣ مليون برميل يوميا من النفط المكافئ (أي حوالي ١٣١ بليون متر مكعب سنويا) في عام ١٩٨٥ كحد أعلى أما في عام ٢٠٠٠ فيقدر العجز في حدود ٣٥ مليون برميل يوميا من النفط المكافئ .

وجدير بالذكر أن بعض دول مجموعة الأوبك قد عبرت عن اهتمامها بزيادة استهلاكها من الغاز الطبيعي في بلدانها كمصدر طاقة وكذلك استخدامه في الصناعات البتروكيمياوية التي تنوى اقامتها .

شكل (١-٣): أقصى طاقة لمصادر إغذاء الطيور المائية استغلالها



الفحم

كان الفحم يتصدر المرتبة الأولى كأحد مصادر الطاقة في العالم وذلك لتوافره في المناطق الصناعية بتكاليف منخفضة نسبيا ثم ازاحة النفط عن الصدارة في منتصف الستينات من هذا القرن فقد كانت مساهمة الفحم في ميزان الطاقة العالمي هي ٧٣٪ عام ١٩٣٨ ثم انخفضت الى ٩٥٪ عام ١٩٥٠ ثم الى ٤٠٪ عام ١٩٦٥ حيث بلغت مساهمة النفط ٤٤٪ واستمرت مساهمة الفحم في الانخفاض لتصل الى ٢٨٪ عام ١٩٧٤.

الوضع العام العالمي للفحم :

يملك العالم كميات هائلة من احتياطي الفحم أكثر من أي وقود آخر . وهو من الكفاية بحيث يمثل ٥٣٪ من مصادر الطاقة العالمية حاليا . والتي يمكن استخلاصها بطرق اقتصادية مقبولة ومع هذا فإن ما ينتج من الفحم حقيقة محكوم بمستوى الطلب عليه وكذا بمستوى تطوير عمليات التنجيم (التعدين) وتسهيلات النقل والتشوين هذا بالإضافة الى تشريعات السياسات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية المتعلقة بانتاج واستخدام الفحم .

وتشير الدراسات التي قامت بها المعاهد المتخصصة المختلفة في جميع انحاء العالم خلال الأعوام القليلة الماضية الى أنه - ونظرا لأن العالم خلال الفترة ١٩٨٥ - الى ١٩٩٥ سيواجه بنقص كبير في موارد الطاقة نظرا

المعجزة الكبيرة المتوقعة بين المتاح منها والطلب عليها وستكون الدلائل
الوحيدة المأمول أن تحل محل النفط والغاز هي الطاقة النووية والفحم •
والجزء الأكبر من الاستهلاك العالمي لوقود الطاقة الثانوية • مبنى
حاليا على الهيدروكربونات • ولهذا السبب فصناعة الطاقة في العالم
مستقبلا يجب أن ترتبط مع انتاج الهيدروكربونات المكررة وأسباب ذلك
لا بد من تواجدها في :

– التكنولوجيا المستخدمة •

– هيكل السوق •

– المجهودات الخاصة بتوجيه الأمدادات حسب متطلبات السوق
لتتواءم مع رغبات المستهلكين •

فبينما نحن – في المستقبل المنظور – نرى أن الطاقة النووية يمكن
استخدامها لحفظ في توليد الكهرباء نجد أن الفحم هو مادة خام طوع
إرادتنا فيمكن استخدامه في توليد الكهرباء أما عن طريق تحويله إلى غاز
أو وقود سائل ٠٠٠٠ الخ •

أما عيوب الفحم من حيث استخراجه فهي :

– أن عملية تعجيم (تعدين) الفحم تتطلب درجات مختلفة من
المهارات الفنية •

أن الفحم مادة صلبة قليلة الهيدروجين ووزنها الجزيئي عال
وتوجد مختلطة مع مواد معدنية أخرى مما يجعل عملية تنقيته من العمليات
التي تحتاج إلى تكنولوجيات معقدة نسبيا •

تقديرات مصادر واحتياجات الفحم في العالم :

قبل أن نستعرض في هذه التقديرات يجدر بنا أن نقف عند بعض
التعريفات اللازمة وهي :

اولا : المصادر الجيولوجية :

ويقصد بها المصادر التى يمكنها أن تصبح ذات قيمة اقتصادية للبشرية فى وقت ما فى المستقبل - وفى نطاق هذا التعريف حددت أقصى أعماق لهذه المصادر كالتالى : -

- ٢٠٠٠ متر تحت سطح الأرض بالنسبة للفحم الجاف .
- ١٥٠٠ متر تحت سطح الأرض بالنسبة للفحم البنى .

ثانيا : الاحتياطيات الممكنة استخراجها فنيا واقتصاديا :

ويغطي هذا التعريف الاحتياطيات التى يمكن اعتبارها قابلة للاستخراج تحت الظروف الاقتصادية والفنية السائدة اليوم - وفى نطاق هذا التعريف حددت أقصى أعماق لها كالتالى : -

- ١٥٠٠ متر تحت سطح الأرض بالنسبة للفحم الجاف .
- ٦٠٠ متر تحت سطح الأرض بالنسبة للفحم البنى .

أما التمييز بين الفحم البنى (أى الذى يحتوى على كميات قليلة من البيتومين وفحم الليجنيت) والفحم الحجري (الفحم السيتومينى والأنثراسيت) من الموضوعات الصعبة ولوضع حد فاصل بين النوعين فقد أُنخذ الرقم ٢٣٧ ميجاجول / كجم وهذا يقابل ٥٧٠٠ كيلو كالورى / كجم (باعتبار المينة جافة وخالية من الرماد) والحقيقة هذا الرقم يأخذ فى الاعتبار التمييز بين النوعيين والمأخوذ به فى عدة دول منتجة للفحم .

ويبين الجدول رقم (٤ - ١) أرقام المصادر والاحتياطيات بالنسبة لقارات العالم .

جدول رقم (٤ - ١)

مصادر واحتياجات اللغم موزعة على القارات والقطر (٤ - ١ - ١) بالنسبة للامريكيتين وكندا

القطر	المصادر الجيولوجية بالمليون طن فحم مكافئ		الاحتياجات الممكنة فنيا واقتصاديا استخراجا بالمليون طن فحم مكافئ	
	لغم جفاف	لغم بني	لغم جفاف	لغم بني
الارجنتين	-	٧٨٤	-	٣٩٠
البرازيل	٤٠٤٠	٦٠٤٢	٢٥١٠	٥٥٨٨
كندا	٩٦٢٢٥	١٩١٢٧	٨٧٠٠٨	٦٧٣
فلسطين	٢٤٢٨	٢١٤٧	٣٦	١٢٦
كولومبيا	٧٦٢٣	٦٨٥	٣٩٧	٤٦
الكمبيك	٥٤٨٨	-	٨٧٥	-
بيرو	١٠٧٢	٥٠	١٠٥	-
الولايات المتحدة	١١٩٠٠٠٠	١٣٨٠٣٩٨	١١٢٢٢٠	٦٤٣٥٨
الامريكية	-	-	٩٧٨	-
فنزويلا	١٦٣٠	٥	-	-
البلاد الاخرى	٥٥	-	-	-
الاجمالي	١٣٠٨٥٤١	١٤٠٨٨٢٨	١٢٦٨٣٩	٧٩٠٨١

(٤ - ١ - ب) بالقيمة المضافة الموزعة

القطر	المصادر الجبرورية بالمليون طن فحم مكافئ		الاحتياطيات الممكنة منها واقتصاديا مستخرجا بالمليون طن فحم مكافئ	
	فحم جفاف	فحم بنى	فحم جفاف	فحم بنى
البحرين	٤٠٠	-	٨٠	-
لبنان	-	١٨٠	-	٩٠
البحرين	١٠٠٠٠٠	-	٣٥٠٠	-
البحرين	٥٧٥٦١	-	٣٦٩٠٣	-
البحرين	٧١٣٠	-	٧٥٥	-
البحرين	٥٠٠٠	-	١٨٢٠	-
البحرين	٢٢٨	-	٥	-
البحرين	٢٣٩٠	١٠	٩٧٠	-
البحرين	١٧٢٧١٤	١٩٠	٣٤٠٣٣	٩٠

(٤ - ١ - ج) بالنسبة للسنة الثورية ١٩٥٤

القطر	المصادر الجبرولة بالليون من لحم مكافئ		الاحتياطات الممكنة فنيا واقتصاديا استغراجها بالليون من لحم مكافئ	
	لحم جفاف	لحم بنسي	لحم جفاف	لحم بنسي
بلجيكا	٢٥٣	-	١٢٧	-
بنلاريسيا	٢٤	٢٥٩٩	٢٤	٢١٧٩
تشيكوسلوفاكيا	١١٥٧٣	٥٩١٤	٩٤٩٣	٢٢٢٢
المانيا الاتحادية	٢٣٠٣٠٠	١٦٥٠٠	٢٣٩١٩	١٠٥٠٠
فرنسسا	٢٣٢٥	٤٢	٤٢٧	١١
المانيا الديموقراطية	٢٠٠	٩٣٠٠	١٠٠	٧٥٩٠
اليونسان	-	٨٩٥	-	١٠٠
الجسر	٧١٤	٢٨٣٩	٢٢٥	٧٢٥
هولندا	٩٠٠	-	١٤٣٠	-
برلندا	١٢١٠٠٠	٤٥٠٠	٢٠٠٠٠	١٠٠٠
رومانيا	٥٩٠	١٢٨٧	٥٠	٣٦٣
اسبانيا	١٧٨٦	٥١٢	٣٢٢	٤١٥
المملكة المتحدة	١٦٣٥٧٦	-	٤٥٠٠٠	-
يونغ سلافيا	١٠٤	١٠٨٢٣	٢٥	٨٤٣٠
الاقطار الاخرى	٣٠٩	١٣٠	٥٨	٥٧
الاجمال	٥٣٥٦٦٤	٥٥٤٤١	٩٤٢١٠	٣٣٧٦٢

(٤ - ١ - ٢) استراتيجيات ودول البحر الأبيض المتوسط

القطر	المصادر الجيولوجية بالمليون طن دعم مكافئ		الاحتياطيات الممكنة فيها واقتصاديا استراتيجيا بالمليون طن دعم مكافئ	
	نجم جاف	نجم بني	نجم جاف	نجم بني
استراليا	٢١٣٧٦٠	٤٨٣٧٤	١٨١٢٨	٩٢٢٥
نيوزيلندا	١٣٠	٦٠	٢٦	١٠٨
الاتحاد الأخرى	—	—	—	—
الإجمالي	٢١٣٨٩٠	٤٩٠٩٤	١٨١٦٤	٩٣٣٣

(٣ - ١ - ٥) بالنسبة لمدى آسيا

البلد	المصادر الجبلية بالمليون طن فحم مكافئ		الاحتياجات الممكنة فييا واقتصاديا استمرارية مكافئ بالمليون طن فحم	
	فحم جاف	فحم رطب	فحم جاف	فحم رطب
بنغلاديش	١٦٤٩	—	٥١٧	٢
الصين الشعبية	١٤٢٤٦٨٠	١٣٣٦٥	٩٨٨٨٣	—
الهند	٥٥٥٧٥	١٢٢٤	٣٣٢٤٥	٢٥٥
أفغانستان	٥٧٣	٤١٥٠	٨٠	١٢٥٠
إيران	٣٨٥	—	١٩٣	—
الباك	٨٥٨٣	٥٨	١٠٠٠	٦
كوريا الشمالية	٢٠٠٠	—	٢٠٠	١٨٠
كوريا الجنوبية	٩٢١	—	٢٨٦	—
تركيا	١٢٩١	١٩٧٧	١٣٤	٦٥٩
الاتحاد السوفيتي	٣٩٩٣٠٠٠	٨٦٧٠٠٠	٨٢٩٠٠	٢٧٠٠٠
القطار الأخرى	٥٣١٨	٢٥٣	١٤٨٨	٣٨
الإجمالي	٥٤٩٤٠٢٥	٨٨٧١٢٧	٢١٩٢٢٦	٢٩٦٢٦

(٤ - ١ - د) الأجمالي المائي

الاحتياجات المائي ميا واقتصاديا استمر اجها بالمليون طن قسم مكافئ		المصادر المتوفرة بالمليون طن قسم مكافئ	
قسم بني	قسم جاف	قسم بني	قسم جاف
١٤٣٨٩٢	٤٩٢٤٧٢	٢٠٠٤٣٠	٧٧٢٤٨٢
٦٣٦٣٦٤		٣٨٨٥١٠١	

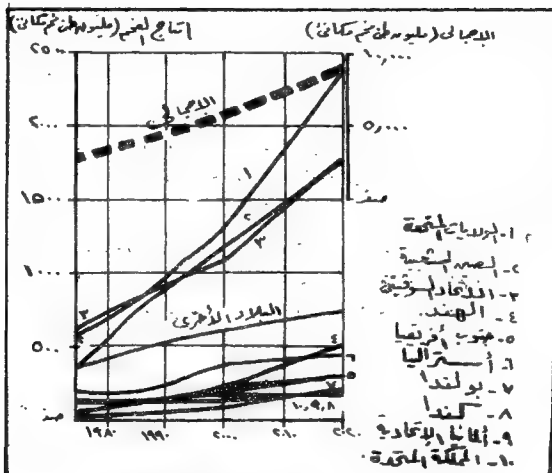
ومن الجدول (٤ - ١ - و) نرى أن مجمل المصادر من الفحم الجاف والبنى هو حوالى ١٠١٢٥ × ٩١٠ طن فحم مكافئ. أما الاحتياطات القابلة فنيا واقتصاديا للاستخراج هو حوالى ٦٣٦ × ٩١٠ طن مكافئ. •
 أى أن الاحتياطات تقدر فقط بحوالى ٣/٦٪ من المصادر •

تقديرات انتاج الفحم مستقبليا :

يبين الجدول (٤ - ٣) تقديرات انتاج الدول الرئيسية المنتجة للفحم حتى عام ٢٠٢٠ بينما الجدول (٤ - ٣) يبين التقديرات بالنسبة لبقية الدول المنتجة - مع ملاحظة أن اليابان أدرجت فى الجدول (٤ - ٢) نظرا لمركزها العالمى العام بالنسبة لتجارة الفحم •

ويبين الشكل (٤ - ١) اتجاهات انتاج الفحم لدول العالم الرئيسية فى انتاجه • ونظرا لنقص البيانات والمفروض أن تعطيها الأقطار المنتجة بنفسها فقد تم الرجوع الى المراجع العلمية والاجتهادات الخاصة وفى النهاية أمكن الحصول على الأرقام التالية :

- معدل الانتاج عام ١٩٨٥ = ٣٣٩ × ٩١٠ طن فحم مكافئ •
- معدل الانتاج عام ٢٠٠٠ = ٥٠٨ × ٩١٠ طن فحم مكافئ •
- معدل الانتاج عام ٢٠٢٠ = ٨٠٨ × ٩١٠ طن فحم مكافئ •



(شكل ٤ - ١) الاتجاهات المستقبلية لإنتاج اللحم في القارة الرئيسية

جدول (٤ - ٢)
تصدير انتاج الدول الموقعة المنتجة للقمح مستقبلياً

الدولة	انتاج القمح بالمليون طن			النسبة المئوية لمعدل الزيادة سنوياً		
	١٩٧٥	١٩٨٥	٢٠٠٠	١٩٨٥-٧٥	٢٠٠٠-٨٥	٢٠٢٠-٠٠
إستونيا	٦٩	١٥٠	٣٠٠	٨٩١	٤٩٧	١٩٣
كندا	٢٣	٣٥	١١٥	٤٩٣	٨٩٢	٦٩١
الصين الشعبية	٣٤٩	٧٢٥	١٢٠٠	٧٦٦	٣٩٤	٢٢٠
ألمانيا الاتحادية	١٢٦	١٢٩	١٤٥	٠١	٠٨	٠٣
الهند	٧٣	١٣٥	٢٢٥	٦٩٣	٣٨٨	٣٨٨
اليابان	١٩	٢٠	٢٠	٠١	-	-
بولسندا	١٨١	٢٥٨	٣٠٠	٢٦٦	١٢٠	٠٣
جنوب أفريقيا	٦٩	١١٩	٢٣٣	٥٦٦	٤٦٦	١٩٣
الولايات المتحدة	١٢٩	١٣٧	٢٠٠	٠٦١	١٦٦	٠٧
الأمريكية	٥٨١	٨٤٢	١٣٤٠	٣٨٨	٢٩١	٢٩٩
الاتحاد السوفيتي	٦١٤	٨٥١	١١٠٠	٣٩٣	١٩٧	٢٥٥
الاجمالي	٢٢٢٣	٣٤٠١	٥١٦١	٤٩٣	٢٨٨	٢٩٣

جول (٤ - ٣)

تصدير انتاج البترول الاخرى من الفحم مستطليا

القطر	انتاج الفحم بالمليون طن فحم مكافئ				النسبة المئوية لمعدل الزيادة سنويا			
	١٩٧٥	١٩٨٥	٢٠٠٠	٢٠٢٠	١٩٨٥-٧٥	٢٠٠٠-٨٥	٢٠٢٠-٠٠	٢٠٢٠-٧٥
الاربعين	٧٠	٢٠	٦	٨	-	٤٧	١٤	٥٥
بنجينا	-	٥٥	١١	١٦	-	٤٧	١٩	-
البرازيل	٢٥	٧٥	١٥	٤٠	١١٦	١١٦	٥٠	٤٤
معاريا	١٣٦	١٨٧	٢٠	٢٥	٢٢	٢٢	١٤	٢٨
نيل	٥١	٢	٦	٨	٢٩	٧٦	١٤	٤٤
كولومبيا	٢٦	٨	١٥	٢٥	٨٢	٤٣	٢٦	٥٧
تشيكونغوكا	٨٠	٩٣	١٠٠	١١٠	١٥	٠	٥٥	٥٧
فرنسسا	٢٣٤	١٤	١٤	١٤	٥-	-	٠٨	١٠٦
المانيا الديمقراطية	٧٤٦	٨٠	١٤	١٠٠	٠٧	٠٧	٠٥	٠٦
البرنسان	٦	١٤	١٨	٢٠	٨٨	١٧	٠٥	٢٧

تحليل وتقييم للبيانات

يولاً : بالنسبة لمناطق تواجد الفحم :

١ - معظم الدول الرئيسية المنتجة للفحم تخطط لزيادة قدرتها الانتاجية والتي لا بد وان تغطي احتياجاتها القومية . ولذا يمكن أن نتوقع أن يتواجد الفحم في هذه الدول بكميات وفيرة وذلك على الرغم من أنه في بعض الأحوال يمكن أن تؤدي العراقيل (مثل نقص الأيدي الفنية - الخوف من تلوث البيئة - الزمن الطويل اللازم لأعداد منجم الفحم للانتاج الخ) الى نقص الانتاج المخطط .

٢ - يبدو أن معظم الاقطار المنتجة للفحم تخطط مستقبل انتاجها على أساس احتياجاتها المستقبلية . ولكن بعض الاقطار - والتي يبدو أن في مقدورها انتاج كميات ضخمة منه - غير راغبة في أن تأخذ على عاتقها التوسع في عمليات التنجيم (التعدين) وما يتبعها من وسائل النقل اللازمة للزيادة في عمليات تصديره للخارج . وطبقاً للتخطيط الحالي والتقديرات الجارية لمستقبل تصدير الفحم فإن متوسط تقدير المصدر منه يتراوح ما بين ٧ الى ١٠٪ فقط من الكميات المنتجة .

وبطبيعة الحال فإن هذا الرقم يعتبر ضئيلاً جداً بالنسبة لاحتياجات الدول الصناعية . وكذلك يعتبر ضئيلاً جداً لدرجة لا تكفي لتطوير تجارتها عالمياً . وعليه نرى أن المجهودات الحالية لا تكفي لضمان الحصول على الفحم بجلى مستوى العالم .

٣ - مع وجود ألباعث الاقتصادى المتزايد لرفع انتاج الفحم فإن الخبراء العالميون يتوقعون أقصى كمية له في حدود ١٣ بليون طن فحم . وكافى عام ٢٠٢٠ منها يمكن تصدير حوالى ٥ بليون طن فحم مكافئ أى نحو ٤٠٪ من المنتج .

ثانياً : بالنسبة للانتاج

حسب المخطط الحالي للدول المنتجة للفحم - اضافة الى التقديرات المعنية أساسياً على الاحتياطات الحالية للفحم - فالمقدر انتاجه هو ٨ر٨ بليون طن فحم مكافئ، وذلك اذا ما اتخذت الاجراءات المناسبة في حينها . وهذا المستوى من الانتاج معناه مضاعفة الانتاج (عام ١٩٧٥) لاكثر من ٣ مرات (حيث الإنتاج عام ١٩٧٥ هو حوالى ٢ر٦ بليون) وهذا يتطلب متوسط معدل تنمية سنوى يعادل ٢ر٧٪ خلال الفترة من عام ١٩٧٥ حتى عام ٢٠٢٠ . هذا بالمقارنة . بالرقم ٢ر٦٪ خلال الفترة من عام ١٨٦٠ حتى

عام ١٩٧٥ • وكذلك الرقم ٢٤ خلال الفترة من عام ١٩٥٠ حتى عام ١٩٧٥ •

وما لم يكن هنالك باعث اقتصادى كافٍ لدفع عملية انتاج الفحم وخاصة بالنسبة لعمليات تصدير الفحم • ويقدر بعض الخبراء العالميين أنه من الممكن انتاج حوالى ١٣ بليون طن فحم مكافئ، عام ٢٠٢٠ وهذا يعنى فى نفس الوقت زيادة الاحتياطات الممكن أستخراجها فنيا واقتصاديا •

ثالثا : بالنسبة لامكانيات زيادة انتاج الفحم :

كما سبق وأن ذكرنا فإن كلا من معدلات الانتاج ومعدلات التصدير تعتبر منخفضة جدا بالنسبة لتكوين سوق عالمى للفحم ولتنشيطه استيراد الدول الفقيرة من الفحم والتي لا بد وأن يزيد معدل طلبها للطاقة كمحاولة منها لرفع مستوى معيشتها • وحالياً فإن معظم منتجي الفحم – أو كلهم تقريبا – يعتبرون أن فقدان الدافع الاقتصادى هو العقبة الرئيسية لزيادة معدلات انتاجه وبالتالي زيادة معدلات تصديره • ولو أمكن تخليق هذا الدافع باتباع سياسة طاقة وسياسة اقتصادية على كل من المستويات المحلية والعالمية مع تطوير الوسائل الفنية فإن الحد الأعلى لانتاج الفحم يمكن تحديده فقط بالظروف الفنية •

وأثناء – وبعد – انعقاد المؤتمر العالمى للطاقة عام ١٩٧٧ بمدينة اسطنبول – اتفق كبار الخبراء بما فيهم رجال صناعة الفحم على أنه يمكن لعامل الظروف الفنية وحده أن يرفع حجم انتاج الفحم بكميات كبيرة جدا وبالسعة الممكنة •

وينطبق هذا على وجه الخصوص على الدول الكبيرة المنتجة له مثل الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتى واستراليا والصين الشعبية وجنوب أفريقيا •

رابعا : بالنسبة لامكانيات زيادة الانتاج بتحسين الوسائل الفنية :

كمثال على ذلك فنيين بالجدول (٤ - ٤) الأرقام الممكنة – والتي يمكن تحقيقها وبالظروف الفنية فقط بالنسبة للولايات المتحدة الأمريكية •

جدول (٤ - ٤) ارقام الزيادة للمكتة بالنسبة

للولايات المتحدة الامريكية

انتاج الفحم		معدلات النمو	
مليون طن فحم مكافئ	في سنة	النسبة المئوية سنويا	الفترة من - الى
٥٨١	١٩٧٥	٧ر٢	١٩٨٥ - ١٩٧٥
١١٦٢	١٩٨٥	٣ر٨	٢٠٠٠ - ١٩٨٥
٢٠١٨	٢٠٠٠	٣ر٢	٢٠٢٠ - ٢٠٠٠
٤٧٩٠	٢٠٢٠	٤ر٣	٢٠٢٠ - ١٩٧٥

وفي حالة الأخذ في الاعتبار هذه الافتراضات المتفاوتة عند الاقطار الرئيسية المنتجة للفحم - والسابق ذكرها - واذا أخذت معدلات الانتاج للجدول الأخرى من الجداول (٤ - ٢) ، (٤ - ٣) ، بدون تغيير فاننا يمكن ان نصل الى الأرقام المذكورة بالجدول (٤ - ٥) .

جدول (٤ - ٥) اقسى انتاج للفحم - حسب تقديرات

الغبراء ، وفقا لتحسين الوسائل الفنية فقط

الانتاج العالمي		معدلات النمو	
مليون طن فحم مكافئ	السنة	النسبة المئوية سنويا	للفترة من - الى
٢٥٩٣	١٩٧٥	٥ر٧	١٩٨٥ - ١٩٧٥
٤٥٠٣	١٩٨٥	٣ر٤	٢٠٠٠ - ١٩٨٥
٧٤٢٠	٢٠٠٠	٢ر٩	٢٠٢٠ - ٢٠٠٠
١٣٠٦١	٢٠٢٠	٣ر٧	٢٠٢٠ - ١٩٧٥

وطبقا لهذه التقديرات فإن متوسط معدلات النمو يحتمل باستمرار ولكن القيمة المطلقة للانتاج تزيد وتبطل هذه النتائج نجد ان :

- متوسط معدلات النمو للفترة من ١٩٧٥ حتى ٢٠٢٠ تصبح ٣,٧٪ سنويا .

- يمكن ان يحصل حجم انتاج الفحم - بتحسين الوسائل المعنية وحدها - الى ١٣ بليون - طن فحم مكافئ مع وجود دافع اقتصادي كاف . وهذا الرقم يزيد بمقدار ٥ بليون عن الرقم الناتج من المخصصات الحالية للوقود المنتجة للفحم - كل على حدة - وهذا الذى يمثل حوالى ٤٠٪ من اجمالى الانتاج العالمى يمكن أن يكون متوافرا للتصدير اذا ما توافقت البنية الأساسية Infrastructure ووسائل نقل الفحم المتنامية .

تطبيق وعرض للآراء :

اولا : العوامل التى من الممكن ان تعوق زيادة انتاج الفحم :

للولصول لمستويات الانتاج المذكورة سابقا يجب التغلب على عدد من المعوقات أو القيود التى تعوق استمرار الزيادة فى الانتاج فى بلاد كثيرة من هذا العالم ولعل أهم هذه العقبات هى :-

- مشكلة عدم توافر الصدد اللازم من مهندسى وفنىي المناجم المدربين .

- مشكلة عدم توافر أو استيعاب البنية الأساسية المناسبة والمزودة بوسائل نقل الفحم الملائمة .

- المشاكل البيئية التى تحتاج الى الحل الجذرى سواء فى الانتاج أو الاستهلاك .

- الحقيقة الخاصة بأن أسواق الفحم الحالية لم تطور بدرجة كافية فى أجزاء كثيرة من العالم ويرجع ذلك - فى الغالب - الى رخص مصادر الطاقة الأخرى .

وهذا يعنى ان هنالك نقصا فى العائد بالنسبة لبعض المستثمرين مما يؤثر بطبيعة الحال على عدم التطوير ذاتها .

- الفترة الزمنية الطويلة اللازمة لفتح مناجم جديدة . ومن ثم عمليات التشييد تحت سطح الأرض وكذلك بالنسبة لتدوير لماتيل النقل اللازمة .

ثانيا : امكانية مواجهة ما يسمى بعنق الزجاجاة بالنسبة لتواجد الفحم :

فى معظم الاقطار المنتجة للفحم شغلت أعمال البحث والتقريب بهدف المزيد من الاستكشافات والتطوير . ويمكن القول بأنه فى الامكان زيادة الانتاج - زيادة محسوسة فقط - فى كثير من الاقطار المنتجة للفحم باعادة وضع مراكز التنجيم (التعدين) فى مناطق أقل نمواً من وجهة النظر الصناعية . فمثلا فى الولايات المتحدة الأمريكية يمكن للمرء ان يلاحظ ان انتقال عمليات التنجيم من المقاطعات الشرقية الى تلك الغرب بالرواسب فى الجزء الغربى أو الأجزاء الغربية الوسطى منها . أما الرواسب فى الجزء الأوربى من الاتحاد السوفيتى فيبدو ان عمرها الافتراضى محدود . وعليه فمن المتوقع ان تنتقل عمليات المناجم - تدريجيا - الى الرواسب فى شرق الأورال وسيبيريا فى العقود أو الأجيال القادمة .

وفى هذا المجال يجب أن تعرف بأن المدة الطويلة اللازمة - منذ اعداد المنشآت الخاصة بالمناجم الجديدة - حتى يمكن الوصول به الى مرحلة الاستغلال الكامل - هى تتراوح من ٥ الى ١٥ سنة - تعتبر احدى المشاكل الرئيسية .

هذا بالإضافة الى ان الحاجة - فى عدة أقطار - الاضافية لتطوير البنية الأساسية وكذا وسائل نقل الفحم وربما فى بعض أقطار أخرى يلزم أحيانا بناء محطات تحويل مناسبة Conversion Plants كل ذلك يحتاج الى رموس أموال ضخمة اضافة الى الزمن الطويل اللازم قبل مرحلة الانتاج الكامل .

وعلى كل فيبدو ان الخبرة تؤكد انه يمكن تحقيق ذلك فقط - ولحد معقول - اذا كانت هناك فرص طيبة لصائد استثمار معقول خلال فترة معقولة ولكن هناك حقيقة واضحة وهى عندما يزداد النمو العالمى فى الطلب على الطاقة فهذا كقيل بأن يفرض على صناعة الطاقة ان تتقدم - وبخطى حذرة - فى تخطيطها المستقبلى الى حد بعيد . فتمويل الاستثمارات ربما ينتشر فى وقت نقص البترول والغاز الطبيعى فى الأسواق . ولكن ربما يكون متأخرا لأن الآثار الانتاجية لهذه الاجراءات ستظهر حتما فيما بعد .

هذه العوامل قد تكون عقبة خطيرة فى طريق استغلال احتياطيات الفحم فى الوقت المناسب وإلى ارتفاع كبير فى انتاج الفحم مرهون بتوفير الخبرات الماهرة والمؤهلة من العمالة البشرية . أما فى مجال حماية البيئة فلا بد من اعطاء العناية الكافية لعمال مناجم الفحم .

أما إذا أخذنا المستهلك في الاعتبار فتكوين السوق الحالي وزيادة الطلب لتوفير الراحة عامة للسكان سوف يؤدي في المستقبل إلى طلب أنواع من الوقود سهلة التداول وإسباسا على شكل كهرباء أو غاز أو بشكل من الهيدروكربونات السائلة وبالسمة للمستقبل فإن هذه لا بد وأن تستجيب مع الطلب الرائد لقواعد البيئة .

هنا وقد أجريت الأبحاث في هذا الاتجاه في كثير من الأقطار ولكن لا بد من تكثيف هذه الجهود بصورة أكبر .

أما في مجال توليد الطاقة والحرارة فإن عملية الاحتراق بطريقة المهد المميعة Fluidized bed Combustion Process فيبدو أنها ستكون أكثر جاذبية لقلة أكاسيد الكبريت والأكاسيد المتروجينية المنبعثة كذلك فهي أكثر ملائمة بالنسبة للفحوم التي تحتوي على نسب عالية من الكبريت والرماد .

وينطبق هذا - لحد ما - على عمليات انتاج الكوك .

وفي هذا المجال ونتيجة للتطورات الناجحة لعمليات التوكيك المستمرة فإن فصيلة فحم التوكيك يمكن أن تتسع لتشمل على أنواع الفحم بدأ فيها الفحوم التي كان يطلق عليها غير قابلة للتوكيك .

ثالثا : بالنسبة لحركة التجارة العالمية للفحم :

يقدر حجم تجارة الفحم العالمي - والتي تتكون أغلبها من الفحم الببتوميني بحوالي مائتي مليون طن فحم مكافئ سنويا . أما تجارته عبر البحار فتقدر بنصف هذه القيمة وهذا يعني أن التجارة العالمية عبر البحار - بأخذ أساس القيمة الحرارية - يقدر بخمسة في المائة فقط من تجارة البترول .

وبين الجدول (٤ - ٦) الأرقام التقديرية والمخططة لتصدير الفحم . وفي هذا المجال هنالك عدد من الأقطار لم يكونوا في وضع يمكنهم من تحديد أرقام التصدير الخاصة بهم حتى عام ٢٠٢٠ ولذا فقد تم اللجوء إلى ما ذكر بالمراجع مع بعض الاحتياحات المبنية على أساس الاعتمادات Extrapolations وفعلنا تم الوصول إلى المعدلات التالية :

عام ١٩٧٥ : ١٩٩ × ٦٠ طن فحم مكافئ أي ٧,٧٪ من الانتاج العالمي

عام ١٩٨٥ : ٣٠٣ × ٦٠ طن فحم مكافئ أي ٧,٨٪ من الانتاج العالمي

عام ٢٠٠٠ : ٥٨٢ × ٦٠ طن فحم مكافئ أي ١٠,١٪ من الانتاج العالمي

عام ٢٠٢٠ : ٧٨٨ × ٦٠ طن فحم مكافئ أي ٨,٩٪ من الانتاج العالمي

جدول (٤ - ٦) : بيانات إنتاج وقصدير الفحم للبلدان المنتجة الرئيسية : بالليون من الفحم مكافئ.

القطر	١٩٧٥ عام		١٩٨٥ - ٧٥		٢٠٠٠ - ٨٥		٢٠٢٠ - ٠٠	
	إنتاج	قصدير	للتصدير	إنتاج	قصدير	للتصدير	إنتاج	قصدير
أستراليا	٦٩	٢٩	٤٢	١٥٠	٦٠	٤٠	٤٠٠	٢٤٠
كندا	٢٣	١٢	٥٢	٢٥	١٥	٤٣	٢٠٠	٦٥
الصين الشعبية	٣٤٩	٣	١	٧٢٥	٧	١	١٨٠٠	٥٠
المانيا الاتحادية	١٢٦	٢٢	١٨	١٢٩	٢٥	١٩	١٥٥	٢٠
اليمن	٧٣	-	-	١٢٥	٧	٦	٥٠٠	٢٢
اليابان	١٩	-	-	٢٠	-	-	٢٠	-
بولندا	١٨١	٢٩	٢١	٢٥٨	٤٥	١٧	٢٢٠	٥٠
جمهورية جنوب أفريقيا	٦٩	٣	٤	١١٩	٢٣	١٩	٢٠٠	٦٠
الولايات المتحدة الأمريكية	١٢٩	٢	٢	١٢٧	١٠	٧	٢٠٠	١٠
الولايات المتحدة الأمريكية	٥٨١	٦٠	١٠	٨٤٢	٦٨	٨	٢٤٠٠	١٤٥
الاتحاد السوفيتي	٦١٤	٣٦	٤	٨٥١	٢٧	٤	١٨٠٠	٦٠
الاتحاد السوفيتي	٧٦٠	٢	١	٤٨٣	٦	١	٧٥١	٤٦
الأرجنتين	٢٥٩٣	١٩٩	٧٧	٣٨٤٤	٢٠٣	٧٨	٨٨٤٦	٧٨٨

بتحليل النتائج بالجدول رقم (٤ - ٦) :

يتضح لنا أن نسبة التصدير في عام ٢٠٠٠ :

— باعتبار مقياس القيمة « السعر — حرارية » — هي أقل من ٢٥/
من حجم صادرات النفط والغاز الطبيعي في عام ١٩٧٥ .

وهذه النتيجة تبين أن الأقطار الرئيسية المنتجة للفحم ما زالت حتى الآن توجه انتاجها من الفحم لاستهلاكها الخاص .

وعليه فمن الصعب بناء تجارة للفحم على هذا الأساس من معدل التصدير المنخفض :

وبين الشكل (٤ - ٢) موحدا عاما لاتجاهات الانتاج والتصدير حتى عام ٢٠٢٠ ويجب التأكيد هنا الى أن هذه النتائج مبنية على أساس البيانات المتوافرة حاليا وكذلك على الوسائل المتاحة الآن . ولكن أي تغييرات كبيرة في سوق النفط مما قد ينتج عنها ارتفاع كبير في الأسعار العالمية للفحم قد تكون بطبيعة الحال دافعا قويا لزيادة الانتاج وبالتالي زيادة الصادرات منه .

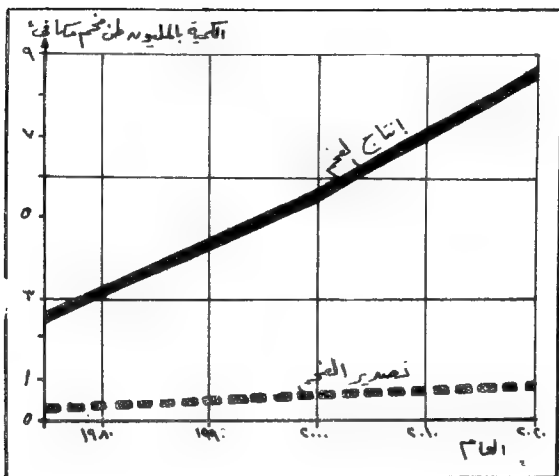
وكما يتضح مما سبق فإن الفترة الزمنية الطويلة اللازمة لوصول منجم الفحم الى طاقته الانتاجية الكاملة تجعل حقيقة ضيق الفجوة بين الانتاج والطلب عليه أمرا مشكوكا فيه على الأقل في المستقبل القريب .

الفحم من وجهة النظر الاستهلاكية :

إن مصادر العالم من الفحم وفيرة وما هو قابل للاستخراج — تحت الظروف الاقتصادية والتكنولوجية المتعدنية المتاحة حاليا — يقدر بنصف الاحتياطي . أما نسبة استخراجها من المناجم فتتراوح ما بين ٨٥ الى ٩٠٪ بالتعدين السطحي (فوق سطح الأرض) . وما بين ٢٥٪ الى ٧٠٪ بالتعدين تحت سطح الأرض والمناجم العميقة .

أما بالنسبة لمحتوى الفحم من الطاقة — فهي على كونها منخفضة بالمقارنة بمصادر الطاقة الأخرى ومتفجرة تبعا لنوعية الفحم فهي في الفحم البني تعادل ١/٢ ما للفحم القوي إضافة الى أن الفحم البني يحتوي على كمية كبيرة من الرطوبة مما يرفع تكلفة نقله وتوزيعه وإن كان محتواه من الكبريت أقل من الفحم القوي .

وإذا نظرنا الى الجدول (٤ - ١ - و) نجد أن مجموع الاحتياطيات القابلة للاستخراج فنيا واقتصاديا هي حوالي ٦٣٦ بليون طن فحم مكافئ .



شكل (٤ - ٢) : تطور الإنتاج والتصدير العالمي للنفط

وهي تعادل بميزان النفط حوالي ٣٠٠٠ بليون برميل من النفط أى من أربعة الى خمسة أضعاف الاحتياطي النفطي المثبت وكما بينا أن هذا الاحتياطي يمثل حوالي ٣٠٪ فقط من المصادر الجيولوجية له .

معنى كل ذلك ان زيادة الوعي للتحويل الى الفحم كمصدر للطاقة هو دور رئيسى وهام وينبغى للحكومات والهيئات الدولية بشئون الطاقة ان تتبناه .

اولا : تصورات لدور الحكومات والهيئات الدولية للتشجيع في التحول الى الفحم :

ان المفتاح لتقدير الدور المستقبلى للفحم هو بتحديد تطوره شدة الطلب عليه وأن هذا التطور على الطلب لا يمكن أن يدرك بصورة جيدة الا اذا تطور الطلب على الفحم مسبقا وحافظ على هذا التطور ولمدة طويلة

لكي يكون بالإمكان تجنب الاستثمارات الضرورية للانتعاج والنقل والتوزيع .

اذن فالسؤال الذي يطرح نفسه هو :

— هل سيستمر الطلب على الفحم على جموده ؟

— هل سيرتفع بنسبة بحيث يظل نسبته الحالية بين مصادر الطاقة الأخرى ؟

— هل سيرتفع بشدة ليقابل انخفاض توازن النفط ؟

ولكي يؤدي الفحم دوره المطلوب كمساهم في احتياجات الطاقة العالمية المتزايدة فلا بد من دور هام للحكومات والهيئات والمنظمات الدولية المعنية بشئون الطاقة ولعل أبرزه : —

١ - توعية المستهلكين بالتسليم بالحاجة الى مصدر طاقة بديلة عن النفط ولو مستقبلا وان الفحم هو من أكثر مصادر الطاقة وجودا وأنه أرخصها سعرا كوقود بالنسبة لاحتياجات الطاقة المستقبلية . وهذا يسعى التوعية للالام باتجاهات الطاقة طويلة الأجل من قبل الحكومات في اتخاذ قراراتها بالنسبة لتشجيع كل من انتاج واستهلاك الفحم .

إضافة الى تمهم وجهات نظر المستهلكين التي تجعل من هذه السياسات أمرا عمليا .

٢ - مواجهة الآثار السلبية لتلوث الهواء — وما يتبع ذلك التلوث من عواقب بيئية ومناخية حادة . ووضع محططات لحلها .

٣ - على الحكومات ان تصمم المقاش حول المواصفات القياسية للهواء النظيف . مع توفير وسائل عملية حديثة ومتطورة من أجل حرق نظيف للفحم . كذلك تشجيع الدراسات طويلة الأجل حول تأثير حرق الفحم في الجو على العالم .

٤ - تدبير الاستثمارات الضخمة واللازمة لبناء مرافق الخدمات الكثيرة والمتاملة مع الفحم وعمليات حرقه .

٥ - مع المستهلكين حوافز اقتصادية لتشجيعهم على تعصيل الفحم على أنواع الوقود الأخرى بحيث تكون في النهاية تكلمة استخدام الفحم ذات اغراء كبير .

اما الى أي مدى سوف يستجيب مستهلكو الفحم للتحويل الى استتماله بدلا من أنواع الطاقة الأخرى فهذا أمر غير مؤكد . ولكن نظرا

للفترة الطويلة التي يستغرقها مثل هذا التحول في استعمال الوقود .
فعلية يجب اتخاذ القرارات بسرعة - والأفضل الآن - اذا كان لمتل هذا
التحول ان يحدث مستقبلا .

ثانيا : وجهة نظر بالنسبة لتغيير الفحم :

بالنسبة لمجال تحويل الفحم الى غاز فهناك عمليات ما زالت في
مراحل التطوير الا انها تبشر بنتائج طيبة من حيث توفير كميات الفحم
المحترقة أو بمعايير الانعكاسات البيئية .

وهذه العمليات اما :

- بادخال تحسينات على التكنولوجيا القديمة .

- أو استنباط تكنولوجيات جديدة .

وبطبيعة الحال فان هذه - تعتمد ضمن ما تعتمد عليه لاعطاء نتائج
مرضية في الوقت المناسب - على تدبير الاستثمارات اللازمة .

أما من ناحية مشكلة غاز ثاني أكسيد الكربون والذي يتطلق عند
احتراق أنواع الوقود الحفري فما زالت الفكرة المطروحة اليوم هي ان
الزيادة الطفيفة نسبيا من غاز ثاني أكسيد الكربون خلال عشرات السنين
الماضية والناجمة من عمليات الاحتراق غير مقنعة للمسئولين بانها ذات
خطر كبير . حيث ما زالت هناك مصادر أخرى وفيرة لهذا الغاز وموجودة
في الطبيعة .

كذلك ليس هنالك - اليوم على الأقل - معلومة تؤكد ان ارتفاع
نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو يمكن ان يؤثر على حالة الطقس
في العالم .

خلاصة السياسة الفحمية في العالم

مما سبق يمكن أن نخلص الى ما يأتي :

١ - أن عالمنا يحوى الوفير من مصادر الفحم والتي تكفى لاستهلاك
العالم ربما أكثر من قرن من الزمان .

٢ - يمكن للفحم أن يسهم في توليد الطاقة مستقبلا بل يمكنه
كذلك أن يقلل من المخاطر التي قد تنجم عن الفجوة المتوقعة بين معدل
الانتاج والطلب على الطاقة والمحتمل أن تنشأ نتيجة انخفاض معدلات انتاج
النفط والغاز أو الصعوبات التي تعترض الطاقة النووية .

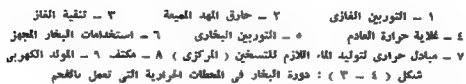
٣ - توجد عدة عقبات فعلا تترض استخدامات الفحم ولكن هذه يمكن ازالتها باتخاذ الاجراءات المناسبة .

٤ - في الوقت الحالي فإن المشكلة الرئيسية هي ان أسواق الفحم لم تطور بدرجة كافية بعد . وذلك نظرا لأن مصادر الطاقة الأخرى ظلت الأرخص الى وقت قريب . مما كان سببا في احجام المستثمرين عن استثمار أموالهم في سوق الفحم .

٥ - نظرا للفترة الزمنية الطويلة واللازمة لعمليات الاعداد لانتاج الفحم بكميات وافرة (من اعداد الدراسات - تجهيز الاستثمارات - تطوير المناجم - اعداد وسائل النقل ٠٠٠٠٠ الخ) فلا يمكن الاعتماد كليا على مستقبل السوق والتي قد تكون أكثر اشراقا بالنسبة للفحم .

٦ - يجب اتخاذ الاجراءات اللازمة - ومن الآن - اذا رأينا الاستعداد القصوى من الوضع الحالي للفحم .

وعليه فيكون اتخاذ القرارات اللازمة بواسطة الحكومات ومستهلكي الفحم أمرا حتميا وسوف توجه هذه القرارات بالنسبة للمستهلكين لتقبل الملقود طويلة الأجل وسوف يشجع ذلك المستثمرين على الاقدام على استثمار أموالهم في عملية انتاج وتسويق الفحم .



الطاقة المائية

تمثل الطاقة المائية حالياً حوالي ٢٣ / من الطاقة الكهربائية المولدة في العالم وترجع أهمية هذه المصادر ليس لأنها طاقة متجددة باستمرار وكذلك كمصدر لطاقة نظيفة بحسب بل لأنها تمثل جزءاً متكاملاً من أفضل استخدامات المصادر المائية ولأنها حرة هام من نظم توليد الطاقة الكهربائية الضخمة نظراً لمرونتها وارتفاع درجة الاعتمادية (أو العول) في تشغيلها . كما أنها تمثل ركناً هاماً حلاً لتحسين اقتصاديات الدول السامية خاصة وأنها لا تتأثر بمشاكل التضخم مثل باقي مصادر الطاقة . هذا إضافة إلى طول عمر المنشآت المائية مع قلة تكاليف صيانتها .

وتقدر سعة الوحدات المائية المركبة في العالم — بما يقدر بـ ٣٧٢ جيجاوات تنتج سنوياً ١٦ مليون جيجاوات ساعة سنوياً وهو ما يعادل تقريباً ١٦٪ من مجموع القدرات المركبة (كما جاء في تقرير المؤتمر العالمي للطاقة في اسطنبول عام ١٩٧٧) . ولقد قامت دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (وتضم الولايات المتحدة الأمريكية وكندا وأوروبا الغربية واليابان وأستراليا ونيوزيلندا) بتطوير ٤٦٪ من السعة الخاصة بها . وقامت بقية دول العالم الأخرى — في المتوسط — بتطوير ٧٪ من السعة الخاصة بها . وتطور واستغلال المصادر المائية يتأثر أساساً بالنواحي الاقتصادية والاستخدامات والاحتياجات الأخرى للمياه كما يتأثر بالظروف البيئية والتكنولوجيا والعوامل الاجتماعية وكذلك بالاعتبارات السياسية والقانونية . والتطورات الضخمة تحتاج إلى مؤسسات ضخمة متعددة النظم وإلى تخطيط ضخم . وفي حالة الأنهار الدولية فإن الأمر يحتاج إلى اتفاقات دولية مسبقة . ويقدر الأستاذ « اليس أرمسترونج » وهو رئيس سابق للجنة القومية الأمريكية في المؤتمر العالمي للطاقة — بأن

يصل انتاج الطاقة من المصادر المائية عام ٢٠٢٠ الى حصة اضعاف ما كان عليه عام ١٩٧٦ . ولكن تدبير التمويل اللازم لهذا التطوير يصل مشكلة ضخمة وقدر هذا عام ١٩٧٦ في المتوسط بما قيمته ٣٣ بليون دولار امريكي سنويا على مدى الاربعة والاربعون عاما (م ١٩٧٦ حتى عم ٢٠٢٠) .

الترايا الأساسية لمصادر الطاقة الكهربائية :

ترجع أهمية هذا المصدر الحيوى للطاقة لترايا متعددة منها :

اولا : انها مصدر للطاقة دائم ومتجدد :

وذلك بفعل الطاقة الشمسية والتي هي مسئولة عن وجود واستمرار الدورة الهيدرولوجية فالماء يتبخر من المحيطات ومنها يحمله الهواء الى جهات مختلفة من سطح الأرض حيث يتكاثف بتغير ظروف درجات الحرارة والضغط . وجزء منها يذهب الى المرتفعات حيث تنشا جداول المياه والأنهار والبحيرات فى العالم والتي من خلالها تستكمل الدورة مرة أخرى الى المحيطات . والجهود البشرية لتحسين حجم الطاقة المائية المستخدمة تشمل الاجراءات الخاصة بانشاء الخزانات والسدود لحزن مياه الفيضانات . وجدير بالذكر فان زيادة سقوط الامطار على الاماكن المرتفعة من خلال البرامج العلمية للسيطرة على السحب يعطى آمالا كبيرة لبعض الأماكن . ولعل الأمل يحلو بعض الاماكن الصحراوية فى مصر - حيث ان ٩٠٪ او اكثر من الرطوبة الموجودة فى السحب تذهب ثانية الى المحيطات مرورا باليابسة .

ثانيا : انها طاقة نظيفة :

أى خالية من التلوث وهذا بالطبيعة مقارنة مع الطاقة النووية أو الطاقة الحرارية من أنواع الوقود الحفرى والتي من شأنها أن تعطى نتائج ثانوية ملوثة للبيئة الى جانب الطاقة الميكانيكية والحرارة الناتجة . ولكن الخزانات أو السدود قد تخلق بعض المشاكل ولكن بالادارة المتوازنة فيمكنها أن ترفع من شأن البيئة المحيطة بها من خلال التحكم فى الفيضانات وأوقات التخاريق .

ثالثا : ان الطاقة الكهربائية دائما ما تكون جزءا هاما من مشروعات الاستغلالات : المتمدة لمصادر المياه مثل مشروعات الرى والملاحة ومياه الشرب الخ .

رابعاً : انه يمكن الحصول عليها بكميات بسيطة : فى المناطق النائية للبلاد النامية ومن ثم يمكن أن تساهم فى تطوير مصادر أخرى وفى توفير فرص لتحسين ظروف معيشة الانسان . وهذا ما تم اثباته فى الماضى ومن الممكن اثباته أكثر فى المستقبل .

وعلى الرغم من ان أكبر منشآت الطاقة الكهربائية فى العالم هى منشآت كهرومائية الا ان مزيداً من الاهتمام يجب اعطاؤه للمنشآت ذات القدرات البسيطة والتي قد لا تتعدى بضعة كيلو وات ولقد ظهر التجارب واضحا من الدول ومن المؤسسات الصناعية لاعطاء أهمية خاصة لتطوير تكنولوجيا « المينى هيدرو والميكرو هيدرو » فعلا قدمت أبحاث - بلغ عددها ١١٤ بحثاً وتقريراً - قلمت خلال ٣٦ جلسة فى المؤتمر العالمى للقوى المائية الذى انعقد فى مدينة واشنطن فى الفترة من ٢٢ حتى ٢٤ يونيو ١٩٨١ وكان لكاتب هذا المقال شرف حضوره .

فعل سبيل المثال يملك الصينيون منشآت كهرومائية ضخمة تبلغ حوال خمسين ألف محطة توليد كهرومائية صغيرة الحجم متوسط سعة كل منها ٣٥ كيلو وات فقط . وتشير الدلائل الى ان عدد هذه المنشآت سيزداد حتماً مع التوسع وتطوير تكنولوجيا التوربينات البصلية والتي تحرى توربين + مولد وكذلك مع تطور تكنولوجيا التحكم من بعد .

خامساً : مرونة وارتفاع درجة الاعتمادية فى التشغيل : وذلك بما فيه من سرعة بدء التشغيل والايقاف وسرعة تجاوب التوليد مع الحمل المطلوب تفديته مما يجعل دائما المنشآت الكهرومائية جزءاً أساسياً كبيراً فى أى نظام لتوليد الطاقة والذي من شأنه رفع كفاءة تشغيله . فهى بالنسبة لآلى نظام توليد طاقة تمثل احتياطاً دواراً ذو أهمية بالغة وقت الطوارئ . كما يمكن تشغيلها لتغطية أحمال الذروة بكفاءة واقتصاد .

سادساً : طول عمرها الافتراضى مع انخفاض تكاليف التشغيل : هذا اذا قورنه بالارتفاع الزائد والمستمر لأسعار النفط مما يجعل من المحطات الكهرومائية حافزاً دائماً للمخططين بالرغم من ارتفاع الاستشارات اللازمة لعمليات الانشاءات .

سابعاً : تطور تكنولوجيا انتاج الطاقة الكهرومائية : حتى انه يمكن انتاج توربينات ذات كفاءة تصل الى ٩٥٪ وأمكن انتاج وحدات قدرتها تصل الى ٧٠٠ (سبعة مائة) ميجاوات ومع زيادة انتاج وتسويق عدد كبير

من الوحدات الكهرومائية الصغيرة الحجم من سعة ١٠ حتى ٥٠ كيلو وات
— كما هو الحال في البلاد النامية — فإن المتوقع انخفاض رؤوس الأموال
المستثمرة في إنشاء هذه المحطات .

ثامنا : التحسينات التي طرأت في التكنولوجيا في السنوات القليلة الماضية :

والتي جعلت من الممكن زيادة طاقة التوليد في المحطات المنشأة
فعلا حتى ١٠٪/ وربما أكثر بأقل الجهود وبتكاليف مناسبة وأمكن ذلك
بإعادة لف المولدات الكهربائية وتحسين التوربينات وعلى سبيل المثال
فقد أمكن رفع قدرة إنتاج المولدات الكهربائية في محطة « سد شاستا »
بالولايات المتحدة الأمريكية بحوالي ١٥ / عن معدلها وذلك بإعادة لفها .

ثاسعا : المرونة في تشغيلها وإمكانية استقلاليتها : وذلك جعل عملية
تخزين الطاقة باستخدام نظم التخزين بالضغط المائي هو أكثر الوسائل
المتاحة اليوم اقتصادا وأقلها أعطالا . فمثلا إذا فرصنا أننا نحتاج إلى ٤
كيلو وات ساعة كطاقة ادخال لنستخلص حوالي ٣ كيلو وات ساعة فقط
للاستخدام فإن الطاقة الداخلة هي طاقة رخيصة التكاليف بينما الطاقة
الخارجة هي ذات قيمة كبيرة وقت الذروة .

ونظرا لجميع هذه المزايا فالتوقع أي تحظى مشروعات تطوير
وتعديل أو إعادة بناء المحطات المائية — المنشأة من قبل — اهتماما كبيرا من
المستثمرين بموضوعات الطاقة .

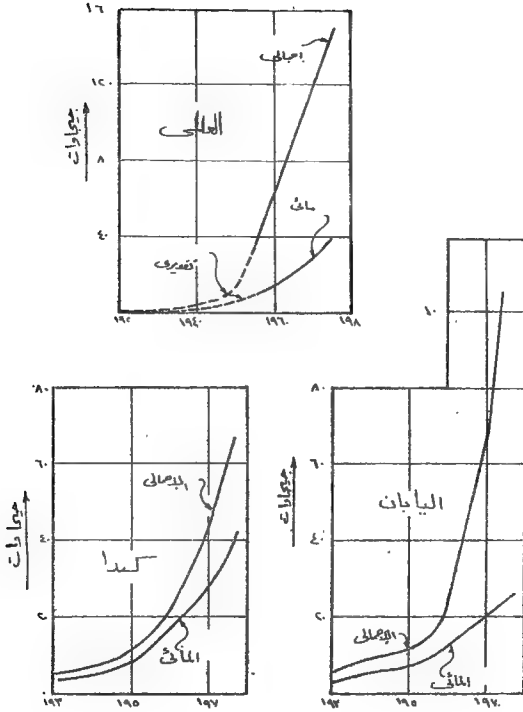
إلا أنه يجب التنويه هنا إلى أنه ما زالت أمام الدول النامية محاولات
واسعة لاستغلال طاقاتها المائية . أما في الدول المتقدمة صناعيا فيمكن
القول أنه لا زالت هناك فرص طيبة لاستغلال مصادرها المائية بشكل
أفضل .

التطور في استغلال الطاقة المائية :

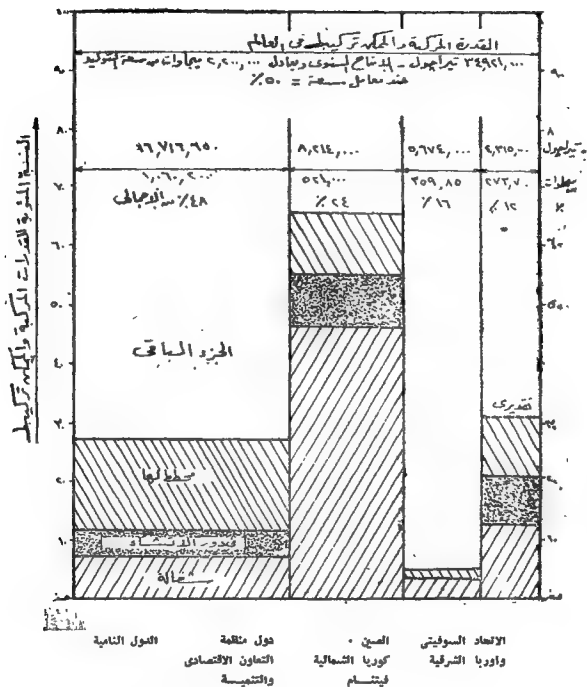
بعد اعتماد الإنسان على قوته الذاتية وبعد استخدامه للحیوان في
إنجاز الأعمال العضلية عرف الإنسان المياه الدافقة كمصدر من مصادر
الطاقة فكان استخدامه للأنواع المختلفة من العجلات المائية في حضارته
الأولى وازدادت أحجام وكفاءات هذه العجلات المائية على مر القرون .
وبلغت هذه المرحلة من التطور ذروتها في منتصف القرن التاسع عشر
حيث كانت الأماكن المفضلة لتكريب هذه الطواحين على مدى قريب من

مجموعة نقل الحركة الميكانيكية تعتبر محدودة . هذا إضافة الى انه في ذلك الوقت كانت الآلة البخارية في تطور دائم الى الأفضل من حيث التكاليف الاقتصادية والاستقلالية في التشغيل . وبالكشاف الطاقة الكهربائية - على نطاق عملي - حوالي عام ١٨٨٠ - والتوسع في إبحار التيار المتناوب مع اكتشاف المحولات الكهربائية - وبالتالي امكانية نقل الطاقة الكهربائية بأقل تكلفة كان ذلك كله مهبط الطريق لحدوث قفزة كبيرة في مجال توليد الطاقة الكهربائية من الماء في القرن الحالي . ولقد كانت هذه التطورات سريعة وفي الثلاثينات من هذا القرن تم انجاز مشروعات ضخمة وعلى سبيل المثال لا الحصر - بناء محطة كهرومائية عند « سد هور » بالولايات المتحدة الأمريكية قدرتها ١٣٠٠ ميغاوات . وبطبيعة الحال فمشآت كهرومائية ضخمة كهذه رادت من استغلال الطاقة في الدول الصناعية ووضعت البرامج لاستغلال المساقط المائية في حين التنفيذ السريع . وزيادة الطلب على الطاقة لم تعد هذه المصادر تكفي لدرجة ان بعض المناطق بالولايات المتحدة - مثل حوض نهر كولومبيا - والتي تتميز بإمكانات شاسعة لتوليد الطاقة الكهرومائية أصبحت في الخمسينات والستينات من هذا القرن في حاجة لإنشاء محطات حرارية ضخمة كذلك لتغطية احتياجاتها من الطاقة الكهربائية .

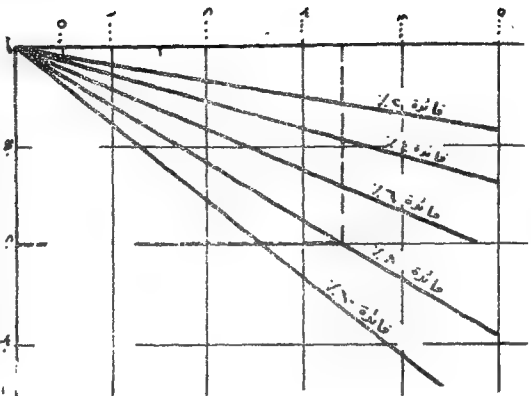
ويبين الشكل رقم (١) تطور الزيادة في اجمالي سعات وحدات التوليد الكهربائية مع مقارنة لها بالوحدات الكهربائية في العالم مع كل من اليابان وكندا وفقاً لسجلات الأمم المتحدة عن الفترة من ١٩٥٥ حتى ١٩٧٤ أما البيانات المستخلصة في المؤتمر العالمي للطاقة ١٩٧٧/١٩٧٦ وكما هي مبينه بالشكل رقم (٥ - ٢) فنجد ان اجمالي المصادر المائية - المستغلة والصالحة للاستغلال - تبلغ ما قيمته ٢٠٢ مليون ميغاوات وبطاقة انتاجية سنوية تبلغ ٩٧٠ بليون ميغاوات ساعة . وهذا القدر من الطاقة يحتاج الى حوالي ١٤٦ بليون برميل من النفط أو بكميات أخرى حوالي ٤٠ (أربعين) مليون برميل نפט يوميا (على أساس سنوي) لاتناحه من المحطات الحرارية .



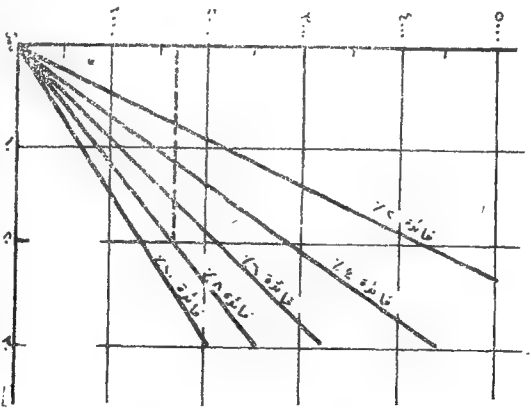
شكل (٥ - ١) : سعة التوليد الكهربائية والكهرومائية في كل من العالم - كندا - اليابان



شكل (٥ - ٣) : مصادر الطاقة المائية في العالم - توزيع حسب النظم الاقتصادية



الميزة الاقتصادية لكل له ونشأ من الخطات المائية مقارنة بالمحرارية



لكن يرمي الخط (بالزور) عند وقت انقضاء المصلحة الكهربائية
بالبرقي، سيم ثابت للخط ويمكن سعة للمصلحة = ٥٠
المصالح الكهربائية بالزور بانقضاء المصلحة

لكن يرمي الخط (بالزور) عند وقت انقضاء المصلحة الكهربائية
بالبرقي زيادة في سعة الخط فويجها ٥٠ ويمكن سعة للمصلحة = ٥٠
فيم (٥ - ٠) : الميزة الاقتصادية ونشأ

عند اعتبار أى مشروع كهرومائي لا بد وأن يراعى المخطون جميع احتياجات المياه وكذلك الطرق اللازمة لمقابلة هذه الاحتياجات فى مناطق كثيرة فى العالم نجد أن مصادر المياه هى العامل المتحكم فى حاضرمستقبل النشاط الإنسانى فيها . وعليه فإن اعداد مخطط رئيسى متكامل لحوض النهر - أو ربما - أحواض الأنهار المجاورة قد يعتبر ضرورة هامة جداً للحصول على أفضل النتائج من أى مشروع مائى وقيمة الطاقة الكهرومائية المنتجة نتيجة لطة شاملة لاستغلال حوض نهر ما يمكن أن تكون الدعامة الاقتصادية التى تجعل من خطة التنمية الشاملة شيئاً ممكناً مع كل الاعتبارات والتسهيلات اللازمة لمقابلة الاحتياجات المستقبلية . ولكن إذا اعتبر الماء كمصدر رئيسى ووضعت خطة لحل العائد المادى السريع - أكبر ما يمكن - فقد يكون خطأ فادحاً قد يعرض عملية مقابلة الاحتياجات المستقبلية الى مخاطرة جسمية .

وتعتبر عملية تحديده ثمن كل ميزة من مزايا المصادر المائية المتعددة الأغراض من العمليات المعقدة وتختلف وسائل التقرير اختلافاً بينا فالعوائد الناتجة عن الطاقة الكهرومائية المولدة من مشروع متعدد الأغراض غالباً ما تتفق لتدعيم استخدامات مرغوبة أخرى للمياه مثل الرى . وعليه فإن الاستفادة القصوى - فى حدود بعض القيود الأساسية يجب أن تكون مستهدفة وعلى سبيل المثال عند ضم متطلبات الملاحه مع تسهيلات توليد الطاقة الكهرومائية أمكن انجاز مشروعات ناجحة مثل الممر المائى لنهر الدانوب . والممر البحرى « سانت لورانس » وهذا لا بد من اعتباره عند إقامة المشروعات الكهرومائية فى مصر مثل القناطر المزمع إقامتها على النيل .

٤ - التطور فى الأساليب الفنية أو التكنولوجيا :

كما تقدمت التكنولوجيا فلا بد وأن تؤثر على مشروعات الطاقة الكهرومائية وما يتعلق بها من أنشطة سواء فى البلاد المتقدمة أو النامية . وبطبيعة الحال فإن التفهم الواضح لهندسة الرى يعتبر ضرورة أساسية نظراً للطبيعة العشوائية لمصادر المياه ويجب أن يكون التقدم الذى تحقق فى تكنيك التلقيح الصناعى للسحب وما ينتج عنه من زيادة فى تصرفات الانهار والإمكانات الحديثة للتحكم من بعد فى المنشآت الكهرومائية لا تتيح الاستفادة الكافية من المحطة فحسب بل أن هذه التكنولوجيا تجعل من الممكن إدارة وتشغيل المحطات الصغيرة بطرق اقتصادية وبالتالي تكون هذه المحطات الصغيرة جزءاً فعالاً فى أى نظام كهربى كبيراً أو صغيراً وكذلك فإن تكنولوجيا الجهد الكهربى الفائق - التى تجاوزت المليون فولت

اليوم - تجعل نقل الطاقة من المحطات الكهرومائية المقامة في الجهات النائية عن مراكز الأحمال الكهربائية - أمر سهل التحقيق كما أن التحسين في المواد اللازمة لتصميم وتصنيع المهمة شيء متوقع ووارد مع الزيادة المتوقعة في استخدام المحطات الكهرومائية الصغيرة فالنتيجة الحتمية هي تحسين التصميمات وصولا الى كفاءة أعلى مع تبسيط في أجزاء المهمة لسهولة الاتاج الكس ولجعل التشغيل أكثر سهولة ويسر .

كذلك لا بد وأن تظهر تصورات جديدة مثل التوربين البصري وتوربين التمدفق المستقيم وهماك تطور تكنولوجيا آخر مثل وحدة التوربين - مولد ذات المحور المائل والذي يثبت صلاحيته للمنشآت الكهرومائية الصغيرة والمتوسطة الحجم حيث أن جميعها تحتاج الى عمليات صغر أقل وبالتالي تكاليف أقل هذا إضافة الى تطورات أخرى متوقعة من شأنها تخفيض التكاليف النهائية للمشروع .

٥ - العوامل البيئية :

بدون شك فإن عملية تحويل مجرى نهر أو عملية تخزين للمياه لا بد وأن يكون لها أثرها الفعال على حالة مجرى النهر نفسه ومن ثم يجب عمل التقدير السليم لهذا الأثر حتى يمكن الاستفادة القصوى من إيجابياته وتجنب أقصى ما يمكن من سلبياته ويتطلب ذلك الأخذ في الاعتبار النظام البيولوجي مثل وجود الأحياء المائية والتي تعتبر أحد العوامل الهامة وكذلك منع الفيضان وما يتبعه من احتجاز البقايا والخطام والطمى ما قبل السد أو الخزان وكذلك التغير في الخواص الهيدروليكية للمجرى المائي كل ذلك قد يكون له أثار بعضها إيجابية والآخر سلبية ويختلف مدى أثر انشاء خزان في مجرى مائي على حياة الأسماك في هذا المجرى اختلافا بينا ففي المجرى المائية التي يتباين فيها التصريف المائي في المناطق القاحلة أو المناطق نصف القاحلة نجد أن انشاء خزان في مجرى النهر يعود بالفائدة إيجابيا بالنسبة لحياة الأسماك ومن ثم يمكن زيادة الثروة السمكية تبعاً لذلك . وهناك عامل هام لا يمكن إغفاله وهو عامل الترويح عن النفس فالبحيرات الصناعية الناجمة عن انشاء السدود - وخاصة في المناطق الجردية - غالباً ما تخلق فرصاً هائلة للترويح عن السكان وعلى سبيل المثال فقد تم تقدير السياحة الداخلية لماكن الترويح المقامة حول الخزانات في الولايات المتحدة بستمائة مليون (مائة - يوم) كل عام وبطبيعة الحال نجد أن هذا الرقم اضاعاف رقم الزوار للمنزهات العامة .

وأرى - من وجهة نظري خاصة - أن تقوم هيئة منخفضى القطار
بالمشاركة مع وزارة السياحة لاجراء دراسة لهذه الناحية بالنسبة لمشروع
منخفض القطار بجمهورية مصر العربية ولا بد وان يكون لهذا العامل
اثر كبير لو ترجم الى تقييم مالى لساهم فى قيمة العائد من هذا المشروع
القومى الكبير .

٦ - العوامل الاجتماعية :

هنالك بعض الآثار - القصير المدى على الأقل - على الناحية
الثقافية لمنطقة ما يعتمد على مدى تطوير مصادر المياه فيها فمثلا المنشآت
الكهرومائية الصغيرة يمكن أن تمتد المنازل بالكهرباء واضاءة الشوارع
وفى بعض الأحيان يكون ضمان وجود المصدر المائى كمنتج ثانوى حافزا
للتغيير من ثقافة بدائية فى ظل فقر المال الى تحسين فى مستوى المعيشة
وقد ينشأ عن المخططات الكبيرة التى تتطلب اعادة تسكين (أو تهجير)
عدد من القرى مشاكل ذات أثر خطير يتطلب حلها الى دراية كاملة
بالجوانب الاجتماعية ولا يوجد طرق سهلة لاتمام مثل هذه العمليات
التهجيرية ، ولكن غالبا ما يمكن تحقيق ذلك بالتخطيط المدروس ، وعلى
كل فان حل هذه المشاكل يتطلب تحليلا كاملا لخطط التطوير المقترحة
لاختيار الأنسب منها .

٧ - العوامل القانونية والسياسية :

تختلف الحقوق القانونية فى المياه اختلافا بينا فبعض المناطق تملك
بالضرورة حقوق ملكية نتيجة الأسبقية فى وضع اليد - فى امتياز
الاستخدام للمياه مجسما فى مناطق رى والبعض الآخر له القليل من هذه
الحقوق أو قد لا يكون له أى حقوق أى اطار قانونى . وكلما اقتربت
الاحتياجات للمياه من حدود الامكانيات الممكنة للمصدر كلما ازدادت
المشاكل القانونية تعقيدا .

وتحليل المشاكل القانونية - من أجل المضى فى مشروعات التطوير
تتطلب دراية كاملة بالموضوع المستهدف والتوازن الدقيق بين حاجات
المجتمع وكما فى مناطق أخرى فالحاجة الى البيانات والمعلومات والأخذ
فى الاعتبار جميع العوامل المناسبة وصولا الى الحل المنشود هنالك
عدد من المشروعات المولية قد أخفقت هذه الترتيبات فى الاعتبار وصولا
الى الفائدة المشتركة ولصالح التعاون بين الدول منها مشروع نهر كولومبيا
ونهر سانت لورانس واللذان يتضمنان كل من الولايات المتحدة الأمريكية

وكنها ومشروع ريجراند بين الولايات المتحدة والمكسيك ومشروع سد
ايرونجيت على نهر الدانوب بين رومانيا ويوغسلافيا ومشروع نهر باراتا
فى أمريكا الجنوبية وعدد آخر من المشروعات فى أوروبا ويتضمن انهار
الراين والدانوب وكذلك نهر الميكونج فى الجنوب الشرقى من آسيا
..... الخ .

متطلبات التطور :

احدى الصعوبات الرئيسية التى تواجه قيام أى مشروع كهرومائي
هو انشاء هيكل تنظيمى يمكنه القيام بواجبه بكفاءة عالية . فحتى معظم
المشروع البسيطة لا بد وان تتضمن تداخلا مع المنظمات الحكومية وان
معظم المشروعات المعقدة لا بد من تخطيطها وتنفيذها وتشغيلها تحت
اشراف سلطات حكومية . وعلى هذه المنظمة ان تكون قادرة على العمل
بمعارف تعتمد الحدود الجغرافية حيث يشمل العمل مناطق توليد الطاقة
وتسويقها داخل مناطق حوض النهر اضافة الى تملكها لميزار دقيق لاحراء
تقييم للأولويات من وجهة النظر القومية وعليه يكون عمل هذه المنظمة
كجزء منه أو قرية الارتباط بقطاع الطاقة الكهربائية اضافة الى عمل
وكالات ادارة وتطوير المصادر الطبيعية .

وفى معظم الدول الصناعية وبعض الدول البامية - توجه لعملا
منظمات تقوم بذلك العمل . وعلى أية حال فان تخطيط الاستفادة من
مصادر المياه - ربما أكثر من أى مشروع آخر - يحتاج وبشدة الى كفاءات
بشرية ذات دراية وتفهم كبيرين بالعوامل الطبيعية (بما فيها البيئية)
والاقتصادية والاجتماعية حتى يمكنها ضمان قرارات ناضجة متزنة
والصعوبات دائما ما تحدث عند محاولة ايجاد أفضل توازن بين جميع
المصالح عند تنفيذ جميع مراحل البرنامج وذلك على المدى القريب والبعيد .
هذا المجال من الدراية لا بد وان يحظى باهتمام كاف من المعاهد التعليمية
والتدريبية وكذلك المؤسسات المالية والحكومية . وفى الدول النامية
فالحاجة ملحة جدا لتدريب الأفراد على القيام بتنفيذ التفاصيل الخاصة
بعمليات التخطيط والتصميم والتركيب والتشغيل لهذه المشروعات .
ويجب التنويه هنا الى ان أهم هذه العمليات هو التشغيل والصيانة
الملائمة للأعمال التى يفرغ من تركيبها ولكن للأسف الشديد دائما ما يكون
هناك أوجه نقص بصفة شبه دائمة .

وعند القيام بمشروع فى حوض نهر متعدد الجنسية فلا بد من
وجود كيانات تنظيمية لتحديد حصص (أو أنصبة) منصفة لكل من

التكاليف والعائد من أى مشروع وبالنسبة للدول النامية فهذا مجال يمكن ان تقوم فيه « هيئة الأمم المتحدة » أو ربما « منظمة مؤتمر الطاقة العالمى » بدور معاون عن طريق التزويد بقاعدة عريضة من الأفراد المؤهلين للقيام بتحديد المشكلة ووضع الحلول لها .

أما مؤسسات التمويل فتتطلب دائما ترتيبات خاصة تضمن حماية كافية لرؤوس الأموال المدفوعة مع الاقتناع الكامل بالتصميمات المقترحة وخطط الانشاء وإدارة المشروع ومن جهة النظر المالية فلا بد من أقصى تطوير ممكن للمتاح للمتطلبات البيئية ويجب ألا ننسى انه كل حوالى ٦٠-٦٥ ٪ من أى مصدر من المصادر الكهربائية فى أى مكان فى العالم معناه توفير برميل من البترول أو أحد مكافئاته .

التطور المستقبلى المتوقع :

تشير الدلائل الى انه سيحدث تطورات كبيرة فى مجال توليد الطاقة الكهرومائية خلال الأجيال القادمة (أو خلال عشرات السنوات القادمة) ويبدو ان الطاقة الكهرومائية ستكون أكثر مصادر الطاقات المتجددة لتوليد الكهرباء اقتصادا فى التكاليف . وعليه ستتكاثر الجهود نحو المزيد من انتاج الطاقة من المصادر المائية . وبطبيعة الحال هنا لك عدد من القيود بعضها له أثر عميق كبير .

على كل - وبفرض وجود ترتيبات تمويله مناسبة - وهذه فى حد ذاتها تعتبر مشكلة فى الدول النامية فيمكن التوقع - وبدرجة مقبولة - ان تستكمل المنشآت التى أعلن عنها عام ١٩٧٦ فى تقرير المؤتمر العالمى للطاقة الخاص بمسح مصادر الطاقة فى العالم بحلول عام ١٩٨٥ أما المنشآت السابق تخطيطها فستكون جاهزة عام ٢٠٠٠ وهذا يمثل زيادة مقدارها مرتين وربع (٢ ١/٢) عن السعة الموجودة عام ١٩٧٦ أى بمعدل مقداره ٣/٥ ٪ على مدى ٢٤ عاما ومعدل النمو هذا يقسم بين دول الأوبك (وتشمل الاتحاد السوفيتى وأوروبا الشرقية والصين ودول آسيا الاشتراكية) مع الدول النامية (أمريكا اللاتينية - الشرق الأوسط وشمال أفريقيا - جنوب الصحراء الافريقية - شرق وجنوب آسيا فيما عدا اليابان) والتى يبلغ معدل النمو فيها حوالى ٥/٦ ٪ .

وبعد عام ٢٠٠٠ فإن السعة المركبة - وكذلك الممكن تركيبها - ستكون محدودة لدول الأوبك حتى مع زيادة الضغوط عليها لتطوير

مصادر الطاقة المتجددة فيها لاقي ما يمكن كما ستكون هنا لك احتياجات استهلاكية أكبر للمياه للأغراض الأخرى أكثر من مجرد توليد الطاقة الكهربائية مثل رى الأراضى الجديدة للأمن الغذائى .

ولقد قدر الأستاذ د اليس أرمسترونج التوقعات التالية للأعوام ١٩٨٥ - ٢٠٠٠ - ٢٠٢٠ بالنسبة للعالم حسب الجدول رقم (٥ - ١) .

جداول (٥ - ١)

تقدير للتطورات المتوقعة بالنسبة لوقف الطاقة الكهربائية

مستوى الطاقة مقدرا بالآلاف التيراجول					المجموعة
الممكن تطويره من واقع تقرير مؤتمر الطاقة العالمى ١٩٧٦	٢٠٢٠	٢٠٠٠	١٩٨٥	عام ١٩٧٦	
١٧	٧٨٠٠	٥٣٦٩	٤٤٩٣	٣٧٧٦	- منظمة التعاون
١٩	٨٧٠٠	٢٨٨٠	١٢٠٠	٧١٩	- الاقتصادى والتنمية
٧	١٨٠٠	٤٩٩٠	١٩٧٣	١٧٢	- دول التخطيط
٨	٢٨٣٠٠	١٧٣٩	٧٦٦٦	٥٦٦٧	- الاقتصادى
					- الدول النامية
					- الإجمالى العالمى

جدول (٥ - ٢)

تقدير واس ثمال للمستثمر للمشتات الكهربائية لا جاء بالجدول (٥ - ١)

متوسط التكاليف السنوية خلال الفترات المبينة - بليون دولار				
١٩٧٦-٢٠٢٠	٢٠٢٠ - ٢٠٠٠	١٩٨٥-٢٠٠٠	١٩٧٦-١٩٨٥	
٥٨٠	٧٧١	٣٧٠	٢٠٥	- منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية
١١٥٠	١٨٤٥	٧١٠	٣٣٩	- دول التخطيط الاقتصادي المركزي
١٥٣١	٢٣١٧	١٠٦٤	٥٦٤	- الدول النامية
٣٢٦١	٤٩٣٣	٢١٤٤	١٤٠٨	- الإجمالي العالمي

بتحليل الأرقام الواردة بالجدول (٥ - ٢) يتضح لنا الحقائق التالية :

أولاً :

بالنسبة للدول النامية فإن متوسط التكاليف تبلغ حوالي ٦٪ من إجمالي إنتاجها القومي خلال الفترات المبينة . ومن ثم يبدو جلياً أنها ستحتاج إلى مساعدات - مالية من الدول الصناعية .

ثانياً :

يحتمل أن تكون حالة الأسواق لبعض السلع في الدول النامية بطيئة الحركة حيث أنها تحتاج إلى استثمارات كبيرة وعلى كل فإن زيادة كمية الطاقة الكهربائية بالنسبة للاقتصاد العالمي لا بد وأن تساعد في تخفيف - وليس القضاء على - وطأة هاتين المشكلتين الكبيرتين فعلى سبيل المثال فإن القوى الكهربائية الهائلة والمزعم توليدها من منطقة منابع نهر الكونغو بأفريقيا - والتي ستبلغ حوالي ٤٣٠٠٠ ميجاوات لا بد وأن يسيل لها لعاب المسئولين عن صناعة الطاقة .

والجدير بالذكر فإن هذا المشروع - وفي مراحله الأولى - مخطط أن يصدر الطاقة إلى أسواق توزيعها عبر خطوط كهربائية ذات جهد فائق ٨٠٠ كيلو فولت ويبلغ طول الخط حوالي ألف ميل .

ثالثا :

فى الدول الصناعية فان المتوقع للطاقة الكهربائية أن تستمر كما هو مبين بالجدول مع اعطاء أهمية خاصة للتوسع فى طاقات التوليد بالنسبة للخزانات والسدود الموجودة، أصلا والحقيقة فقد تم انشاء خزانات - أو سدود صغيرة - نسيبا فى شمال أمريكا فيما مضى ولكن المتوقع أن يزيد الاهتمام بذلك بمجرد الاحساس بجدواها الاقتصادية .

رابعاً .

بطبيعة الحال فلا بد لنا من أن نتوقع استمرار النزاعات حول مصادر المياه - وستكون دائما العقبة الرئيسية هى تقرير الأولويات بالنسبة لاحتياجات الشعوب وانها حقا مشكلة عالمية بقدر ما هى فرصة عالمية كذلك لحصل مجيد لاستغلال المصادر الطبيعية فى خدمة البشرية .

مصادر الطاقة التقليدية في مصر

قبل حرب أكتوبر عام ١٩٧٣ ونظراً لرخس أسعار النفط اعتمدت مصر كجزء لا يتجزأ من عالمنا - على النفط في توفير غالبية احتياجاتها من الطاقة وإن حبا الله مصر بنيلها العظيم الذى لم يبعث الحياة على أرضها وتوفير الخير فيها فقط بل شارك مشاورة فعالة وكبيرة في توفير جزء كبير من الطاقة الكهربائية والتي بلغت في وقت من الأوقات (أوائل السبعينيات)حوالى من ٦٥٪ الى ٧٠٪ من احتياجاتها من الطاقة الكهربائية . وبطبيعة الحال مع زيادة معدل الطلب على الطاقة الكهربائية - والتي بلغت حوالى ١٨٪ خلال عام ١٩٨١ وهو معدل يكاد أن نقول ان شعباً في العالم لم يصل اليه حتى الآن - ومع القدرة المحددة لامكانات توليد الطاقة من المصادر المائية المتاحة فمعنى ذلك ببساطة زيادة الاعتماد على مصادر الطاقة من أنواع من الوقود التجارية وخاصة النفط . وعليه أصبح من الضروري جداً دراسة المصادر المتاحة للطاقة في مصر - ووضع استراتيجية لها لتمكن هذه المصادر وترشيده استخدامها .

ولقد صدر قرار السيد رئيس الجمهورية عام ١٩٧٩ بتشكيل المجلس الأعلى للطاقة برئاسة نائب رئيس الوزراء للانتاج ووزير البترول لوضع الاستراتيجيات اللازمة من حيث دراسة المصادر وانتاج الطاقة وترشيده استهلاكها .

وبيّن الجدول (٦ - ١) الاحتياطي الثابت في العالم وفي مصر

المصدر	الوحدة	في العالم	في مصر	النسبة المئوية
- بترول	مليون برميل	٦٤٠٥٦٩	٣١٠٠٠	٠.٤٨
- غاز	مليون برميل	٤٦٠٠٤٢	٩٤٢	٠.٢٠
- زيت ثقيل	مليون برميل	٣٠١٠	—	—
- زيت متحجر	مليون برميل	٣١٢٦٤	—	—
- فحم (احتياطي جيولوجي)	مليون طن	١٠١٢٥٢٦٤	٨٠	٠.٠٠٠٨
- فحم (احتياطي)	مليون طن	٦٣٦٣٦٤	—	—
- طاقة مائية (متاح)	ميجاوات	٢٣٤٢٦٣٩	٣٨٠٠	٠.١٦

المصدر :

البنك الدولي « الطاقة في الدول النامية - أغسطس ١٩٨٠ » ، من الجدول يتبين لنا ضالة نصيب مصر من مصادر الطاقة التقليدية التجارية حيث أن تعداد سكان مصر يمثل حوالى ١٪ من سكان العالم بينما نرى أن نصيبه من البترول مثلا يقل عن $\frac{1}{4}$ ٪ من الغاز لا يتجاوز $\frac{1}{9}$ ٪ ومن الطاقة المائية لا يتجاوز $\frac{1}{4}$ ٪ .

و جدير بالذكر فانه وعلى الرغم من ان تعداد سكان الدول النامية في عالم اليوم يبلغ حوالى ٧٥٪ من تعداد سكان العالم الا انهم يستهلكون وحسب نفس المصدر - ١٤٠٠ مليون طن من النفط الكائى (أو المقابل) من جملة استهلاك العالم البالغ ٧٣٥٠ - مليون طن لعام ١٩٨٠ أى حوالى $\frac{1}{19}$ فقط من استهلاك العالم ويبلغ نصيب مصر منها لنفس العام حوالى ٢٤ مليون طن أى حوالى $\frac{1}{4}$ ٪ من استهلاك العالم وهذه مقسمة الى حوالى ١٥ مليون طن مكافئ من البترول : بترول وغاز طبيعى وفحم .

يجب ان نقر هنا ان البترول سيظل وقودا اساميا لمحطات القوى الكهربية والحربية في مصر وقد شاء العلي القدير الا يحرم أرض الكنانة منه فوصل الانتاج في ١٩٧٦ الى ٢٣٠ر٠٠٠ برميل يوميا ثم الى ٤١٥ر٠٠٠ برميل يوميا عام ١٩٧٧ ثم الى ٦٠٠ر٠٠٠ برميل يوميا عام ١٩٨٠ والمتوقع ان يصل الانتاج الى مليون يوميا عام ١٩٨٥ ويحق لمصر عندئذ الدخول ضمن منظمة الأوبك باذن الله .

وفي مجال انتاج البترول فيمكن القول بأن اكتشاف البترول في مصر كان عام ١٨٦٨ واستخراج البترول الحام عام ١٩١١ وأنشئ أول معمل تكرير له عام ١٩١٣ ولقد بلغت مساحة المناطق التي شملها البحث حتى عام ١٩٥٢ حوالي ١٤٩٠ كيلو مترا مربعا فقط ومنذ ذلك العام تم انشاء شركات واعطاء تراخيص وعقد اتفاقيات جديدة للبحث عنه وكانت حيلة ذلك اكتشاف حقول جديدة بالقرب من السويس في الصحراء الغربية والدلتا مثل حقول بلاعيم وبكر ومرجان والعلمين وأبو تير وأبو الغراديق . ووصلت مساحة الأراضي التي يجري البحث فيها حوالي ٥٦٩ر٠٠٠ كيلو متر مربع أي حوالي ٥٦٪ من اجمالي مساحة الجمهورية ويقوم بالتنقيب فيها ٣٤ شركة عالمية تضم ١٣ جنسية وفقا لبنود ٦٢ اتفاقية أبرمت مع الحكومة المصرية منذ عام ١٩٧٣ حتى عام ١٩٨١ وطبقا لهذه الاتفاقيات التزمت هذه الشركات باتفاق نحو ١٣٣٦ مليون دولار (اضافة الى دفع منح توقيع لا تسترد بلغ اجماليها نحو ١٢٠ مليون دولار) وقد تم اتفاق ما يقرب من ١١٦٢ دولار في عمليات البحث منذ عام ١٩٧٣ حتى عام ١٩٨١ .

وكان من نتائج زيادة الانتاج من البترول والغازات الطبيعية من حوالي ٨ر٥ مليون طن عام ١٩٧٣ الى حوالي نحو ٣٣ مليون طن عام ٨٠ / ١٩٨١ كما بلغت - الاحتياطات التي اضافتها الاكتشافات الجديدة خلال هذه الفترة نحو ٣٧٢١ مليون برميل .

وفي مجال صناعة تكرير البترول فقد وضعت وزارة البترول خطة للتوسع في صناعة تكرير البترول المحلية وتطويرها لتغطية احتياجات مصر من المنتجات البترولية الرئيسية وبعض المنتجات الخاصة مع تحسين مواصفاتها وفي هذا المجال نذكر انه تم عام ١٩٧٧ تشغيل معامل التكرير المحلية لمعالجة نحو ١١ مليون طن من النفط الخام تستوفى منها احتياجات السوق المحلية (قدرت عام ١٩٧٧ بحوالي ٩ مليون طن) والباقي يصدر للخارج .

وفي مجال التخزين والنقل والتوزيع فقد وضعت وزارة البترول ثم قامت بتنفيذ خطة للتوسع في المشروعات اللازمة للتخزين والنقل والتوزيع والتسويق لمقابلة الزيادة في الاستهلاك المحلي من المنتجات البترولية وذلك الى جانب الزيادة في عمليات التصدير ونذكر في هذا المجال ما قامت به الوزارة مثل :

— تدعيم شركات التوزيع بالنسبة لعمليات تموين السفن بعد فتح قناة السويس مع تزويدها بالناقلات اللازمة لذلك .

— انشاء محطات جديدة لتعبئة البوتاجاز — والذي سيأتي ذكره بعد قليل — والتوسع في انشاء مخازن توزيعه .

— أخيراً انشاء أول وأكبر مشروع عربي مشترك مع مصر لنقل البترول وهو مشروع خط أنابيب « سوميد » والذي بدأ تشغيله عام ١٩٧٨ (تجارب به التشغيل) وبلغت تكاليفه حوالي ٤٠٠ مليون دولار ساهمت فيها الشقيقات السعودية والكويت والامارات العربية وقطر .

أما في مجال استهلاك البلاد من المنتجات البترولية مثلاً خلال الفترة من عام ٧٥ حتى عام ١٩٧٩ (المصدر : نحو برنامج وطني للحفاظ على الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها للمهندس أحمد نور الدين خبير الطاقة بوزارة البترول بمصر (مجلة المهندسين — العدد الثالث — ١٩٨٠) فقد ارتفع بنحو ٥٣٪ وبمعدل نمو سنوي قدره ١١٪ في المتوسط حيث زاد الاستهلاك من ٧١٥ مليون طن بترول مكافئ (معادل) عام ١٩٧٥ الى نحو ١٠٠٩ مليون طن بترول مكافئ (معادل) عام ١٩٧٩ وحيث ارتفع اجمالي استهلاك البلاد من الطاقة الثانوية المحولة خلال نفس الفترة — بنحو ٤٦٪ أي بمتوسط معدل نمو سنوي حوالي ١٠٪ فقد زاد الاستهلاك من نحو ٩٥ مليون طن بترول معادل عام ١٩٧٥ الى ١٣٢٩ مليون طن بترول معادل عام ١٩٧٩ .

وإذا استمر نمو استهلاك الطاقة على معادلاته السنوية المذكورة أعلاه فمعنى هذا ان يصل اجمالي الاستهلاك المحلي من المنتجات البترولية عام ١٩٨٥ الى نحو ٢٢ مليون طن منها نحو ١٦٥ مليون طن من منتجات التكرير ونحو ٥٢ مليون طن من الغازات الطبيعية وهنا لنا وقفة :

فعلى الرغم من امكانية تغطية الاستهلاك بالانتاج المحلي ليس من الأفضل توفير جزء من الاستهلاك — من خلال وسائل الترشيد المختلفة — للتصدير لتحسين ميزان المدفوعات — وخاصة وان البترول أصبح المصدر الأول لتوفير احتياجات البلاد من العملات الحرة ؟

وعلى كل حال سنتعرض لهذا الموضوع بشيء من التفصيل فى
الجزء الخاص بالترشيح .

ثانيا : الغاز الطبيعى :

يستعمل الغاز الطبيعى كوقود وكمادة أساسية فى الصناعات
البتروكيماوية وصناعة الأسمدة .

وقد اكتشفت فى مصر عدة حقول للغازات الطبيعية بالإضافة الى
الغازات المصاحبة لحام البترول فى حقول خليج السويس منها :

١ - حقل أبو مافى :

ويقع على بعد ٤٠ كيلو مترا شمال مدينة المنصورة ويقدر الاحتياطى
له بحوالى ٣٤ بليون متر مكعب . وقد بدأ إنتاج هذا الحقل عام ١٩٧٥
(المصدر : وقائع المؤتمر السنوى الاول - مجلس بحوث البترول
والطاقة والثروة المعدنية - أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا
- نوفمبر عام ١٩٨٠) ويستخدم فى مصانع طلخا للأسمدة وكذلك كوقود
لمحطات التوليد الكهربائية فى كل من طلخا والمحلة الكبرى .

٢ - حقل أبو الغرايق :

ويقع فى الصحراء الغربية وقد تم اكتشافه عام ١٩٦٩ وقدر
الاحتياطى به بحوالى ٢٢ بليون متر مكعب وبدأ استخدامه فى مصنع
الأسمدة بالسويس ومصنع الحديد والصلب بحلوان وشركات الأسمدة
بطرة . كما تم مد خط أنابيب الغازات بطول ٣٠٠ كيلو متر من هذا
الحقل الى منطقة تجميع الغازات وتنقيتها فى دهشور . وذلك لاستخدامها
فى المنشآت الصناعية بحلوان ثم مد خطوطها الى مصانع الأسمدة
بالسويس ثم الى القاهرة .

٣ - حقل أبو قير البحرى :

وهو يقع فى مياه البحر الأبيض المتوسط على بعد ٤٠ كيلو مترا
شمال مدينة الاسكندرية وقد تم اكتشافه عام ١٩٦٩ ويقدر الاحتياطى
المخزون به بحوالى ٢١ بليون متر مكعب ومن المقرر استخدام غازات
هذا الحقل فى إنتاج سماد اليوريا فى مصنع أبى قير وكذا فى تشغيل
محطة توليد كهرباء أبى قير ومشروع حديد التسليح بالمخيلة .

هذا بالإضافة الى مشروعات الاستفادة من الغازات المصاحبة للبترول

بتجميعها من حقول مرجان ويوليو ورمضان بخليج السويس لاستغلالها في صناعة الأسمدة وتوليد الكهرباء بمنطقة السويس بطاقة اجمالية تصل الى ١٥ بليون متر مكعب سنويا .

أما المنازات الفائضة فيمكن حقنها في الحقول لزيادة انتاجها وللمحافظة على الضغط فيها .

ثالثا : الفحم :

١ - فحم جبل المغارة :

بدأ أول عمل للكشف عن الفحم والمواد الكربونية في منطقة جبل المغارة شمال سيناء (حوالى ٩٠ كيلو مترا جنوب غرب مدينة العريش) عام ١٩٥٩ وقدرت احتياطات الفحم فيه كالتالى :

احتياطي مؤكد	٢٧٨ مليون طن
احتياطي متوقع	٧٨ مليون طن
الاحتياطي القابل للاستخراج	٣٥٦ مليون طن
الاحتياطي الجيولوجي	٥١٨ مليون طن

وجدير بالذكر بأنه قد ثبت حديثا - عام ١٩٨٢ - أن الاحتياطي الجيولوجي يزيد عن ذلك بحوالى ١٠ مليون طن .

وقد بلغ جملة انتاج الفحم من هذا المنجم منذ افتتاحه عام ١٩٦٤ حتى توقف العمل به عام ١٩٦٧ حوالى ٢٦٠٠٠ طن فقط استهلكتها مصانع الدلتا للصلب ومحطات توليد الكهرباء وكان قد تم اعداد المنجم للانتاج بطاقة تبلغ ١٥٠ ألف طن سنويا كمرحلة أولى وجارى الدراسات اللازمة لارتفاع بالانتاج الى ٧٥٠ ألف طن سنويا على مدى خمس سنوات .

ولقد تبين أن الفحم المنتج (المصدر : وقائع المؤتمر الأول لمجلس بحوث البترول والطاقة والثروة المعدنية - أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا - نوفمبر ١٩٨٠) لا يصلح لانتاج فحم كوك ذى خواص تسمح له بالاستعمال فى الأفران العالية لانتاج الحديد وذلك لارتفاع نسبة الكبريت فيه الا ان التجارب التى أجريت عليه تحت ظروف محكمة الضبط وبمد خلطه بفحموات أخرى (مستوردة من جهات أخرى من

العالم مثل الفحم الاسترالى أو الأمريكى أو الكندى (يمكن الحصول على فحم ذى خواص تكويكية تسمح له بالاستعمال فى الأفران العالية - هذا الى جانب امكانية استخدام الفحم المستخرج من هذه المنطقة لأغراض صناعية أخرى أما بعد غسيله أو تصنيعه الى نصف كوك (أى تكويكية عند درجة حرارة منخفضة) أو خلطة بنسب معينة مع أنواع أخرى - مثل صناعة تلييد خامات الحديد أو اختزاله فى الأفران الكهربائية أو مشروعات انتاج الفيرومنجيز أو الفيروسيلكون أو الزنك أو بحرقه - كوقود ترابى - فى غلايات البخار بمحطات توليد الكهرباء البخارية وفعلا وضعت وزارة الكهرباء فى خططها الخاصة بأنشاء المحطات الحرارية انشاء محطة تعبد بالفحم كوقود أساسى - فى شبه جزيرة سيناء بقدرة تصميمية ٦٠٠ ميجاوات قابلة للتوسع الى ٣٢٠٠ ميجاوات وجرى اتخاذ الخطوات اللازمة لتمويل هذا المشروع الحيوى الكبير والذي سيكون بداية السلسلة من محطات أخرى تعمل بالفحم ليصل مجموع سعاتها حوالى ٢٠٪ من اجمالى سعات محطات التوليد للجمهورية عام ٢٠٠٠ .

٣ - منطقة بيدة ونورة :

أمكن اكتشاف طفلة كبرونية بهذه المنطقة والتي تقع فى الجزء الغربى من وسط شبه جزيرة سيناء على بعد ٣٥ كيلو مترا شرق أبى زريمة ولكن تحتاج الى مزيد من الدراسة لتأكيد الاحتياطات المتوقعة والتي ثبت مبدئيا انها تصل الى ٦٠ مليون طن كاحتياطى ممكن ولكن لم يثبت مبدئيا سوى ٧,٥ مليون طن كاحتياطى مؤكد ومتوقع فقط .

٣ - منطقة عيون موسى :

ثبت وجود الفحم فى هذه المنطقة والتي تقع فى الجزء الغربى من وسط سيناء على بعد ١٤ كيلو متر جنوب شرق مدينة السويس - فى صورة علسات متقطعة الا ان هذا الفحم ثبت علم جدى تشغيله اقتصاديا علاوة على صعوبة استخراجه لتواجهه على أعماق غائرة (من ٤٠٠ الى ٦٠٠ متر تحت سطح الأرض) اضافة الى تشبعه بالماء . وبطبيعة الحال من الحكمة تأجيل النظر فيه فى الوقت الحالى .

رابعا : الطاقة المائية :

يعتبر نهر النيل هو المصدر الرئيسى للطاقة الكهرومائية . ثم يأتى

أما بالنسبة لمحطات الضخ والتخزين المائية فيعتبر خليج السويس من أصلح المناطق لهذا النوع من المحطات لتوافر كل من مياه التخزين وكذلك الطبيعة الطبوغرافية للمنطقة بحيث تسمح بالتخزين على ارتفاع كساف .

وستتناول كل هذه المصادر بإيجاز فيما يلي .

(١) مصادر الطاقة الكهربائية من نهر النيل :

كما ذكرنا آنفاً فإن نهر النيل يعتبر المصدر الرئيسي للطاقة الكهرومائية في مصر وحيث أن كمية المياه - أو تصرفات المياه - من محطتي السد العالي وخزان أسوان وما يليهم من قناطر وخزانات - تتناسب واحتياجات الري الفعلية فإن الطاقة الكهربائية المولدة تعتمد مباشرة على هذه الاحتياجات .

ويبلغ تصرف نهر النيل عند السد العالي ٥٥ (خمسة وخمسون) بليون متر مكعب سنوياً ويسقط من أسوان إلى القاهرة لا يتجاوز ٧٠ (سبعين) متراً . ومن ثم فإن أقصى قدرة متاحة من نهر النيل هي ٣٢٠٠ (ثلاثة آلاف ومائتي) ميجاوات .

- محطة السد العالي ثم الانتهاء من انشائها من عام ١٩٦٧ حتى عام ١٩٧٠ لتوليد مليارات كيلو وات ساعة سنوياً . بها اثنتي عشرة توربينة (من نوع فرانسيس) قدرة كل منها ١٧٥ ميجاوات بإجمالي ٣١٠٠ ميجاوات .

- محطة خزان أسوان الأولى وانشئت عام ١٩٦٠ وبها ٧ وحدات (من نوع كابلان) قدرة كل منها ٤٦ ميجاوات ووحدتين قدرة كل منهما حوالي ١١ ميجاوات . أي أن مجموع القدرات المركبة ٣٤٥ ميجاوات . وهذه المحطة تغذى في الأساس مصنع السماد (كيما) بأسوان وقد تحول التوليد الموسمي لهذه المحطة إلى توليد مستمر بعد إنشاء السد العالي .

- محطة خزان أسوان الثانية : الغرض من إنشاء هذه المحطة الاستفادة من فائض المياه المارة بالسد العالي والتي تتلا البجيرة بين السد العالي وخزان أسوان وتجعل منسوبها ثابتاً في أغلب أيام العام وذلك لتوليد الطاقة الكهربائية ويجرى إنشاء المحطة بقدرة إجمالية تبلغ ٢٧٠ ميجاوات .

وسيصـل انتـاج مـحطـتي أسـوان الأولـى والثانيـة إلى حـوالـى ٣٢ مليـار
كيلو وات سـاعـة سنـويـاً إن شاء الله .

وجدير بالذكر هنا انه توجد محطتان مائيتان قديمتان بنجـع حمـادى
بقدرة ٢ ميجاوات (أنشئت عام ١٩٣٩) وبـالفرق السلطاني بـالفيسوم
بقدرة ٣ ميجاوات كذلك (أنشئت عام ١٩٣١) ومما لا شك فيه فقد
كانت هاتان المحطتان من المدارس التدريبية وسـاهمت في تـكوين الكوادر
الفنية اللازمة لإنشاء وتشغيل وصيانة المحطات المائية الكبرى بالسـد
العالى وأسوان .

وقد درست بعد ذلك امكانيات التوليد من القناطر الحالية والمستقبلية
وأُسـفر تقرير المكتب الاستشارى فـى .بى .بى . السويدى عام ١٩٦٠ عن
امكان استغلال السقوط المائى من بين أسوان والبحر الأبيض المتوسط
لتوليد ٧٠٠ ميجاوات وايدت دراسة خبراء الاتحاد السوفيتى عام ١٩٧٧
الجدوى الاقتصادية لهذه المشروعات الى جانب أهميتها لتنظيم مجرى نهر
النيل وحمايته .

ومن هنا المنطلق اتخـذت - وجارى اتخـاذ خطوات تنفيذية فى هـذه
الاتجاه نذكر منها .

- دراسة كهربية القناطر حالياً فى كل من اسنا (حوالى ١٠٠
ميجاوات ونجـع حمـادى (حوالى ٥٠ ميجاوات) وأسـيوط (حوالى ٥٠
ميجاوات) أى بقدرة اجمالية من القناطر الثلاثة حوالى ٢٠٠ ميجاوات
ويقدر اجمالى الطاقة المولدة عند اتمام كهربتها منها بحوالى ١٥ مليار
كيلو وات سـاعـة سنـويـاً .

- عند انتهاء وزارة الرى من دراسة - وفى حالة تقريرها - بـناء
قناطر جديدة على النيل فى مناطق السلسلة وقفت وسوهاج ودبروط
لواجهة احتياجات الرى ومعالجة المنجر فى النهر . فيمكن عندئذ انشاء
محطات توليد كهرياء على هذه القناطر أيضاً .

- تجرى دراسة استغلال الطاقة الكهربائية المتاحة بمقادير محدودة
عند مداخل الترع والرياحات (المينى هيلرو والميكروهيلرو) فى كل
من الوجهة البحرى والوجه القبلى ولكن يقدر اجمالى الطاقة الكهربائية
المولدة من هذه الوحدات الصغيرة والدقيقة بحوالى ٢٥٠ مليار كيلو وات
سـاعـة سنـويـاً فقط .

— وللاستفادة القصوى من المصادر المائية المتاحة في مصر تجرى دراسات لامكان الاستفادة بتركيب وحدات كهرومائية صغيرة — أو دقيقة في مواقع المحطات المائية القديمة في الفرق السلطاني والعزب وطامية .
ويبين الجدول رقم (٦ - ٢) التصرف والسقوط والقدرة في المواقع المختلفة .

الموقع	السقوط (متر)	التصرف (متر مكعب / ثانية)	القدرة (كيلو وات)
دمياط	٢ر١	٢٩٣	٧٦٠٠
رشيد	٢ر٢	٢٦٨	٦٠٠٠
زفتى	٢ر٥	٦٠	١٨٠٠
ديروط	٢ر٣	١٠٤	٤٨٠٠
الرياح التوفيقي	٢ر٢	١٥٥	١٥٨٠
الناصرى	١ر٨	٣١	٢٧٠٠
المنصورة	١ر٥	٧٣	٤٠٠٠
العباسى	١ر٥	١٥٠	٩٤٠٠
قرين	١ر٣	٩٢	٦١٠٠
باجوريا	١ر٩	٤٢	٤١٠٠
ابراهيمية	١ر٧	١٣٣	١٦٠٠
اليوسفى	٠ر٧	١٢٨	١٠٧٠٠
كلايية	٢ر٠٦	٣٩	٢٨٠٠
اسفون	٢	١٦	٥٠٠٠

من المصدر (وقائع المؤتمر الأول لبحوث البترول والطاقة والثروة المعدنية - نوفمبر ١٩٨٠) .

(ب) منخفض القطارة :

وهو أكبر منخفض طبيعي في العالم ويقع غرب الدلتا وإلى الجنوب من البحر الأبيض المتوسط بحوالى ٧٥ كيلو متر . ويبلغ أقصى عمق فيه ١٤٥ مترا تحت سطح البحر وتبلغ مساحته ١٨٠٠ كيلو متر مربع ويمكن استغلال هذا الموقع في توليد الكهرباء بواسطة حفر مجرى مائى لتوصيل

مياه البحر الأبيض المتوسط الى المنخفض وتكوين بحيرة صناعية في المنخفض حتى منسوب ٦٠ متر تحت سطح البحر على ان يكون تصرف الماء الى البحيرة معادلا لكميات البخار منها وهو ما يقدر بحوالى ٦٠٠ متر مكعب في الثانية الواحدة حيث ستبلغ مساحة البحيرة عند هذا المنسوب حوالى ١٢٠٠٠ كيلو متر مربع .

وتقدر القدرة المركبة في المحطة المائية بحوالى ٦٠٠ ميجاوات وتقدر الطاقة المنتجة منها سنويا بحوالى ٥ (خمسة) مليار كيلو وات ساعة وذلك خلال عملية ملء البحيرة وتقدر بفترة زمنية مقدارها حوالى عشر سنوات . وبعد هذه الفترة يمكن للمحطة العمل فى اوقات الذروة والطوارئ. لانتاج طاقة تقابل التصرف المعدل للبحيرة .

كما يوجد فى الهضبة على الحافة الشمالية للمنخفض التى يبلغ ارتفاعها حوالى ٢٤٠ متر فوق سطح البحر حوض طبيعى يمكن الاستفادة منه لانشاء محطات ضخ وتخزين يمكن ان تصل قدرتها الى حوالى ٥٠٠٠ ميجاوات .

(ج) محطات الضخ والتخزين :

وهذه تمثل امكانية كبيرة للحصول على قدرة كبيرة لمواجهة متطلبات الاحمال الكهربائية أثناء فترات الذروة أو للمساهمة فى مواجهة الطوارئ. التى ينتج عنها نقص فى قدرات توليد المحطات الحرارية .

ويمكن تحقيق ذلك فى مصر بضخ مياه النيل أو مياه البحر الأبيض المتوسط أو مياه البحر الأحمر (خليج السويس مثلا) الى خزانات مرتفعة على ظهور الجبال المجاورة مثل نجع حمادى والمقطم بجوار مجرى نهر النيل أو جبل عتاقة وجبل الجلالة بالقرب من خليج السويس أو دير كريمة بالقرب من منخفض القطارة .

وقد تم دراسة عدة مواقع بالجمهورية الا انه قد وجد ان اصلحها لانشاء محطات الضخ والتخزين - بالإضافة الى محطات الضخ والتخزين على حافة منخفض القطارة - هو منطقة خليج السويس حيث تتوافر مياه البحر بالقرب من جبل الجلالة وارتفاعه حوالى ٦٠٠ متر . أو جبل عتاقة وارتفاعه ٥٠٠ متر . وجارى اجراء الدراسات لتنفيذ أول مشروع لضخ وتخزين الطاقة فى مصر بقدرة ١٢٠٠ ميجاوات فى موقع الجلالة على مرحلتين .

وهناك وسائل أخرى فنية لتخزين الطاقة مبينة بالملاحق .

تكنولوجيا تخزين الطاقة

كان أحد نتائج أزمة الطاقة التي برزت بشكل واضح بعد حرب أكتوبر المجيدة ثم ما اتبع ذلك من دراسات وأبحاث للتقليل من الاعتماد على النفط في توليد الطاقة أن توصل العلماء والمهندسون إلى أهمية التوغل قسما في خطوط تكنولوجية متوازية وهي :

- ١ - البحث عن مصادر جديدة للطاقة .
- ٢ - دراسة الوسائل الكفيلة بترشيد استهلاك الطاقة .
- ٣ - تخزين الطاقة .

وستتناول في هذا المقال عرضا سريعا لموضوع تخزين الطاقة ثم بعد ذلك سنتعرض بشيء من التفصيل لأكثر الوسائل تطبيقا من الناحية العملية .

تطور فكرة تخزين الطاقة :

يجب أن نعترف أنه من الطريف أن العلماء والمتخصصين - وفي أحيان كثيرة كانوا يعودون في مجال تخزين الطاقة إلى أفكار ليست بجديدة وكثيرا ما اضطروا إلى فحص التصورات القديمة والتي سبق فشلها اقتصاديا عند الأخذ في الاعتبار الأسعار القديمة للنفط والتي وصلت في أوائل السبعينات إلى ٢٥ دولار للبرميل أي حوالي ١٧٥ لطن من النفط الخام) . ومن ناحية أخرى فقد برزت أفكار جديدة وتطورت التكنولوجيا في ظل الارتفاع الكبير في سعر النفط والذي وصل إلى ٣٤ دولارا للبرميل (حسب سعر الأوبك أول الثمانينات) .

ويجدر الإشارة هنا الى أن الاهتمام بدأ يزداد بفكرة تخزين الطاقة عندما لاحظ المتخصصون بأنه عند استغلال بعض أنواع الطاقة الجديدة - مثل توليد الكهرباء من حركة المد والجزر في البحار والمحيطات والتي تختلف قيمتها حسب ساعات الليل والنهار - لارتباطها بحركة القمر حول الأرض - فإن فترات ذروة الاحمال الكهربائية (أو الطلب على الطاقة الكهربائية) في الشبكات الكهربائية الموحدة لا تتطابق مع فترات امكانيات توليد الطاقة من حركة المد والجزر مما حدا بالمتخصصين الى التفكير في حل هذه المشكلة بتخزين الطاقة للاستفادة منها عند الفترات المحرجة أى فترة ذروة الاحمال والتي هي في مصر على سبيل المثال بين السادسة والثامنة مساء تقريبا بينما في دول الخليج ذات الطقس القارص فتكون فتكون تقريبا بين الساعة الثانية والرابعة ظهرا صيفاً .

وفي اتجاه تخزين الطاقة أمكن لاحدى المؤسسات الصناعية الامريكية مؤسسة (ACHES) أن تضع في أوائل خفية السبعينات من هذا القرن تصورا لتصميم محطة تعمل بطاقة المد والجزر وذلك لادارة توربين مائي وهذا يقوم بادارة ضاغط (كباس) هواء ليقوم بتخزين هذه الطاقة بشكل هواء مضغوط في مغارة (منحوتة في صخور غالبا ملحية) تحت سطح الارض لاعادة استخدامه لتشغيل توربينات تقوم باذرة مولدات كهربائية وهذه تغذى الشبكة الكهربائية بالطاقة - ومن ثم تدعمها - وقت ذروة الاحمال ويبين الشكل رقم (٧ - ١) هذا التصميم المبكر .

ولكن من وجهة النظر الاقتصادية فلم يكن هذا التصميم وقتذاك ر حوالى عام ١٩٧١) اقتصاديا عند مقارنته بأسعار الطاقة المولدة من الوقود النووي أو من أى أنواع الوقود الحفري أما بالنسبة لتطوير وسائل استغلال طاقة المد والجزر فكان لابد من الانتظار لحين حدوث تغيير جذري في اقتصاديات توليد الطاقة .

ومن ثم سادت الفكرة الخاصة بتخزين الطاقة والتي تقدمت منذ عام ١٩٧١ لتتشابك مع تصورات تقليدية عديدة لتوليد الطاقة ولقد سبى العمل في هذا الاتجاه الارتفاع السريع في أسعار النفط وما ترتب عليه من زيادة اهتمام المؤسسات المشتغلة بالطاقة الكهربائية باعادة « توقيت » الطاقة الرخيصة الفائضة من وحدات التوليد الرخيصة التكاليف لمقابلة أوقات الذروة والتي تستمد طاقتها من معدات تحرق وقودا مرتفع التكاليف .

وسائل تخزين الطاقة :

اولا : الوسائل ذات الاستخدام المعهود :

١ - تخزين طاقة الحركة بواسطة المحاذقات (Flywheels) وهي إحدى الوسائل الميكانيكية وفكرتها عبارة عن عجلة ضخمة ذات وزن ثقيل وتستخدم نظرا لكبر عزم قصورها الذاتي - كتخزين مؤقت للطاقة في معظم الآلات التي تدار بواسطة عمود ادارة (Shaft-driven System) وذلك بفرض تثبيت حركة الآلة (أو بوجه أدق للتقليل من تغير الحركة) عند التغيرات اللحظية في طاقة الحركة والتي قد تنتج بتأثير أى عامل خارجي بل يمكنها ان تمد الآلة بقدر كبير من القدرة لفترة قصيرة وكما هو الحال في قاطرات • (مترو) الانفاق والمنشرة في معظم الدول المتقدمة •

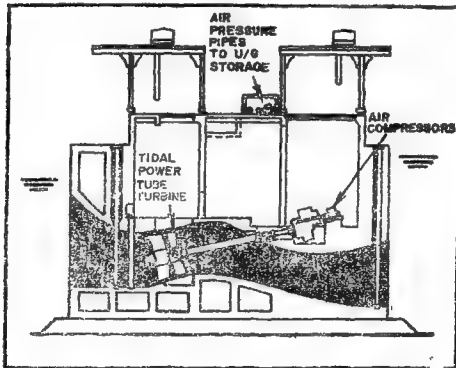
٢ - وسائل التخزين الكهربائية وهذه الوسائل - وإن لم يعم انتشارها - إلا أنها تبشر بنتائج طيبة في المستقبل • وهي عبارة عن موصلات كهربائية تحفظ تحت درجة تبريد منخفضة جدا (تبريد فوق العادة) وهذه تقوم بتخزين الطاقة الكهربائية في مفناطيسات حلقيّة توضع تحت سطح الأرض (شكل ٧-٢) حيث يمكن ان تمدنا بطاقة كهربائية لفترة لحظية حسب الطلب ويقوم بالتحكم في كمية هذه الطاقة دوائر إلكترونية •

ومن أهم مزايا هذه الطريقة هي عدم وجود أجزاء متحركة وبالتالي فهو ذات مجال جاذبية للمستقبلين بموضوع تخزين الطاقة نظرا لطول عمرها ، لافتراضى بجانب انعدام تكاليف التشغيل والصيانة تقريبا ويتوقع الكثيرون لهذه الوسيلة بالتطور السريع نحو تحسين التصميمات الخاصة بها والتوسع في تطبيقاتها •

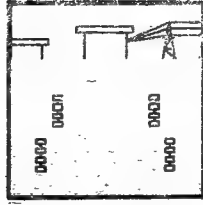
٣ - وسائل التخزين الكيماوية باستخدام البطاريات (المراكم) الكهربائية وذلك بتحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة كيماوية تخزن داخل البطاريات لتحويلها مرة أخرى الى طاقة كهربائية عند الحاجة وهذه الوسيلة هي أكثر الوسائل استخداما في التغذية الكهربائية للاستخدامات المستقلة وخاصة وسائل النقل • وجدير بالذكر ان التكنولوجيا الحالية مكنت من استنباط أنواع جديدة من البطاريات بدلا من بطاريات الأحماض والرقاص والتي كثر استخدامها لمدة طويلة •

٤ - وسائل التخزين الحرارية بتحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة حرارية تختزن داخل وسيط حرارى مثل بخار الماء أو ماء تحت ضغط. عال أو الموائع Fluids ذات الخواص الحرارية الحساسة مثل بعض أنواع الزيوت • وهذه - مع ارتفاع درجة العزل الحرارى للحاويات Containers يمكن استغلالها لادارة توريينات بخارية وهذه تقوم بدورها بإدارة المولدات الكهربائية أثناء فترة ذروة الأحمال لتدعيم الشبكة الكهربائية بالطاقة •

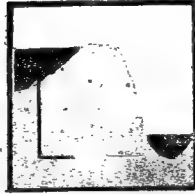
وهناك طريقة أخرى وهى استخدام الطاقة الحرارية الكامنة Latent Heat المختزنة فى الأملاح المنصهرة لنفس الغرض الا أن هذه الوسيلة من التخزين وكما ثبت عمليا أقل طرق التخزين تطبيقا نظرا لفوائدها الاقتصادية المحدودة جدا •



شكل ٧ - ١ التصميم الأول لمحطة تخزين طاقة المد والجزر باستخدام ضواغط الهواء (عام ١٩٧٠)



شكل ٧ - ٢ وسيلة التخزين الكهربائية
بمستخدام العلاقات المغناطيسية تحت الأرض



شكل ٧ - ٣ طريقة التخزين بواسطة ضخ
المياه الى خزانات علوية

ثانيا : وسائل التخزين الشائعة التطبيق :

استخدمت المؤسسات الكهربائية فكرة توليد الطاقة الكهربائية أثناء فترات الحمل الأدنى ثم تخزينها منسداً أكثر من ثلاثين عاماً وذلك لامتداد النظام (أو الشبكة) بالطاقة أثناء فترة الذروة وعندما يتجاوز معدل الطلب على الطاقة قدرات التوليد الاقتصادية المتاحة وذلك بتوليد الطاقة من محطات التوليد الأكثر اقتصاداً في الوقت وإعادة تفديتها إلى الشبكة الكهربائية مما يجنبها تشغيل وحدات توليد ذات تكلفة عالية وفي هذا وفر اقتصادي على الرغم من أن الفاقد في كمية الطاقة يتراوح بين ٢٥ إلى ٣٠ ٪ .

وبافتراض ان سعر تكلفة الطاقة الرخيصة (يسعر مدعم مثلا) ٣ مليارات وسعر الطاقة باهظة التكلفة ١٠ مليارات فمعنى ذلك ان كل وحدة طاقة (١ كيلوات ساعة) تخزن تكلفنا ٣ مليارات لاعادتها للشبكة لتوفير طاقة مقدارها ٧٠ كيلوات ساعة قيمتها ٧٠ × ١٠ = ٧ مليارات أى ان الوفرة هنا ٤ مليارات لكل كيلوات ساعة تقوم بتوليد لغرض التخزين .

ولقد قام معهد ابحاث الطاقة الكهربائي (EPRI) بالولايات المتحدة الأمريكية بالدراسات والأبحاث اللازمة لتصميم محطات تجريبية لتخزين الطاقة باستخدام كل من الهواء المضغوط وكذلك باستخدام ضخ المياه من تحت سطح الارض بسعة طاقة تخزين تبلغ عشرين مليون كيلوات ساعة للنوع الأول وعشر ملايين كيلوات ساعة للثاني ويمكن لهذه المحطات على مدى عشر ساعات للدورة التخزينية الواحدة ان تصمد الشبكة الكهربائية بقدرة تبلغ ٢٠٠٠ (الفين) ميجاوات للنوع الأول و ١٠٠٠ (ألف) ميجاوات للثاني .

النوع الأول : طريقة التخزين بضخ المياه : وذلك بإحدى وسيلتين هما :

(١) الضخ باستخدام خزانات مياة علوية :

وهي الطريقة التقليدية التي تستخدمها مؤسسات الطاقة الكهربائية حاليا لتخزين كميات كبيرة من الطاقة . ويبين الشكل (٧-٥) عناصر هذه الوسيلة لتخزين الطاقة حيث تتحول الطاقة الكهربائية الرخيصة وقت الحمل الأدنى الى طاقة وضخ من المحركات الكهربائية الى مضخة المياه حيث يضخ الى خزانات علوية . وأثناء فترة الحمل الأقصى تتحول طاقة الوضع هذه الى طاقة كهربائية (غي الحقيقة من ٧٠ الى ٧٥٪ من الطاقة الكهربائية الأصلية كما ذكرنا سابقا) وذلك بإدارة توربينات مائية تدير مولدات كهربائية لتنفيذ الشبكة الكهربائية بطاقة كهربائية مرتفعة القيمة اقتصاديا .

وجدير بالذكر هنا ان هذه الطريقة تعتبر من أفضل وسائل التخزين ان لم تكن أفضلها جميعا من وجهة النظر الاقتصادية بشرط توافر ظروف طبيعية وطبوغرافية لاقامة الخزانات العلوية .

(ب) محطات ضخ المياه من تحت سطح الأرض :

حيث لا تتوافر ظروف طبيعية وطبوغرافية تساعد على اقامة خزانات

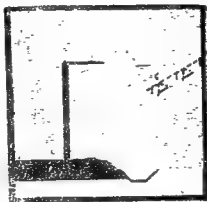
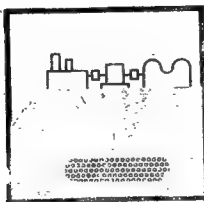
مياه علوية (أماكن مرتفعة كالجبال مثلا) ويشتمل التخطيط العام لهذه الطريقة على خزان تقليدي (أو عادي) على سطح الأرض وذلك لامتداد خزان مياه سفلى محفور فى مفارة تحت سطح الأرض (شكل ٤-٧) . وتوضع المضخات تحت سطح الأرض لتضخ المياه من الخزان ، لتسعى إلى العلوى وقت الحمل الأدنى حيث الطاقة رخيصة ثم فى عكس الاتجاه لاستغلال فارق المنسوب لإدارة توربينات مائية لتوليد الكهرباء لتغذية الشبكة الكهربائية أثناء فترة حمل الذروة . وتتوقف كمية الطاقة الممكن تخزينها على كل من فارق المنسوب وحجم الخزن . ومن ثم يمكن جعل فارق المنسوب كبير الاقتصاد فى حجم الحفر المطلوب .

النوع الثانى : طريقة تخزين الطاقة بضغط الهواء :

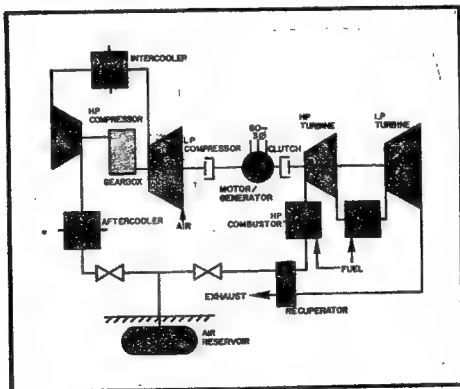
تعتبر هذه الطريقة ذات درجة عالية - وتلى من الناحية العملية ومن حيث الجدوى الفنية والاقتصادية - طرق ضخ المياه . وفى هذه الطريقة المبينة بشكل (٥-٧) يضخ الهواء بواسطة ضواغط (كباسات) إلى داخل مفارات تنحدر على أعماق متوسطة داخل صخور ذات مقاومة عالية لمنع تسرب ضغط الهواء (غالبا ملحجة) وذلك أثناء فترات الحمل الأدنى والطاقة الرخيصة (من مصادر نووية أو فحم أو مائية أو حتى من محطات حرارية حديثة ذات كفاءات عالية ومعدل استهلاك وقود منخفض) على أن يستخدم هذا الهواء المضغوط لإدارة توربينات ومن ثم مولدات كهربائية أثناء فترة ذروة الاحمال .

ولقد تطورت تصميمات تكنولوجيا تخزين الطاقة بواسطة الهواء المضغوط إلى التصميم المبين بالشكل (٦-٧) وذلك باستخدام ضواغط (كباسات) هواء وتوربينات من ذلك النوع المستخدم فى محطات توليد الكهرباء بالغاز (وما يطلق عليها المحطات الغازية وهى تستخدم فى كثير من مؤسسات الكهرباء فى العالم لتوليد الطاقة أثناء فترات ذروة الاحمال لسرعة تشغيلها وإيقافها ولكنها بوجه عام ذات تكاليف تشغيل وصيانة عالية) . ويمثل هذا التطور فى استخدام توربينات ذات ضغط عال (حوالى ٧٠ ضغطا جويا) وذلك حتى يمكن استخدام أحجام صغيرة من خزانات الهواء الأرضية . ويبقى الهواء داخل الخزانات تحت ضغط ثابت تقريبا بالفعل الهيدروليكي لعمود من الماء يصل بين خزان الهواء وخزان من الماء (على شكل حوض على سطح الأرض) . وهناك تصميم آخر بأن يحل الهواء مكان الماء أى عمود هوائى يصل بين الخزان وخزان هوائى آخر ذى حجم ثابت ولكن ضغطه يتغير حسب ظروف التشغيل

وحسب ما هو مبين بالرسم فهناك مجموعة (فصل وتوصيل الحركة) وأثناء فترة الحمل الأدنى تقوم مجموعة (المولد - محرك) والتي تفصل حركتها عن عمود التوربين بإدارة ضاغط الهواء ذي المرحلتين لضغطه (كبسه) إلى الخزانات الأرضية .



شكل ٧ - ٤ طريقة التخزين بواسطة الفخج شكل ٧ - ٥ طريقة تخزين ضغط الهواء إلى مقادير مضغوطة تحت سطح الأرض من خزانات تحت سطح الأرض



شكل ٧ - ٦ دورة تخزين الطاقة باستخدام سوائل هواء وتوربينات غازية

ونظرا للارتفاع الكبير في درجة حرارة الهواء المضغوط فقد أصبحت مرحلتان للتبريد الأولى بين مرحلتى ضاغط الهواء والأخرى بعد خروج الهواء من مرحلة الضاغط. لأخيرة وقبل الحزن في المغارة الأرضية ويجدر الإشارة هنا الى ان عمليات التبريد هنا لها المزايا التالية :

- ١ - تحسين كفاءة ضغط الهواء .
- ٢ - تخفيض حجم الهواء المراد تحريكه .
- ٣ - وقاية جدران مغارة التخزين من آثار الحرارة المرتفعة .

وتقوم التوربينات الغازية التقليدية بضغط الهواء - وذلك أثناء دورانها - من خلال عملية الحريق حيث يضاف الوقود ويحرق ومن ثم يمد الطاقة إلى التوربينه بشكل « هواء متمدد » أما في حالة وحدات تخزين الطاقة بضغط الهواء فان هذه تأخذ الهواء والسابق ضغطه - من الخزانات (أو المغارات) الأرضية أى انها لا تمتص قدرة الضاغط. (الكباس) ومن ثم فان كل الطاقة الميكانيكية تقريبا (بعد طرح الفاقد الميكانيكى ذى النسبة الضئيلة) تتحول كلها الى طاقة كهربائية . أما الطاقة المستخدمة لعملية حزن الهواء فتتمد من مصادر توليد رخيصة (نووية أو مائية أو فحم أو ...) ويجدر بنا أن نشير هنا الى فائدة استخدام خزان للحرارة في هذا التصميم وذلك للاحتفاظ بالحرارة المولدة أثناء ضغط الهواء لتسريبها الى الجو بعد ذلك وما زالت هناك أبحاث لتطوير هذا النوع من تخزين الطاقة لتصميم دورة مركبة من التوربينات الغازية التي تستخدم الفحم المفيز (أى بعد تحويله الى غاز) مع نظم حزن الهواء بالضغط وتشير الدلائل الى انه سيكون نظاما ذا جاذبية اقتصادية لاستخدامه لتوليد الطاقة الكهربائية لفترة تتراوح بين ١٠ الى ١٨ ساعة في اليوم .

الباب الثاني

الطاقة النووية

تعريف بالطاقة النووية وتطوراتها في العالم

لمحة تاريخية عن الطاقة النووية :

كانت وإلى عهد قريب - المصادر الخام الرئيسية للطاقة هي أنواع الوقود الحفري وبالنسبة للفحم والغاز والبتروول وجميعها كما تعلم مصادر مستنفدة حيث أظهرت الدراسات التي أعدت منذ أكثر من ثلاثين عاما أن كلا من البتروول والغاز مصادر مصيرها النضوب السريع الذي قد يتحقق على الأغلب أوائل القرن القادم .

ومن حسن الطالع ظهر في سماء مصادر الطاقة وفي أواخر الأربعينات من القرن الحالى مصدر جديد ألا وهو المصدر النووى ذو الامكانيات الهائلة .

وحتى عام ١٩٥٤ كانت المعلومات الرئيسية الخاصة بالطاقة النووية تعتبر من الأسرار المولية وملكا للحكومات فقط وفي ذلك العام ١٩٥٤ وافق الكونجرس الأمريكى على إتاحة هذه المعلومات لرجال الصناعة وغيرهم لتمكينهم من تسخير الطاقة النووية لخدمة الأغراض السلمية ثم تبع ذلك مجهودات بحثية وتطويرية مكثفة قامت بها مؤسسات صناعية للطاقة الكهربائية بما فيهم صناع وموردى المعدات والهيئات الاستشارية ولجنة الطاقة الذرية الأمريكية وفي عام ١٩٥٨ قام معهد اديسون للكهرباء بتشكيل مجموعة عمل للطاقة النووية مكونة من عدد من العلماء البارزين فى هذا المجال ومن أعضاء من ذوى المستوى التكنولوجى المتقدم من رجال صناعة الطاقة وكانت مهمة هذه المجموعة هي دراسة الوسائل المختلفة التى من الممكن استخدامها لتحويل هذا المصدر الجديد من الطاقة الخام إلى طاقة حرارية لإنتاج الكهرباء وقامت مجموعة العمل هذه بتقديم عدد

من التوصيات ولكن لا يعلم أحد ما إذا كان أى من الأنواع المختلطة للمفاعلات التي أخذت في الاعتبار كانت ذات جدوى اقتصادية أم لا وكان من اللازم القيام بانزويد من الأبحاث على أكثر التطورات المطروحة قبولا ومن ثم بناء الأنواع التجريبية .

ولقد قامت الهيئات والمؤسسات البحثية بمجهودات وافرة لتطوير هذا المصدر الجديد للطاقة بلغ اجمالي حجمه حوالى ٢٥ بليون دولار امريكي حتى أنه خلال عام ١٩٦٨ وحدة أنفق القطاع الخاص لصناعة الطاقة حوالى بليون من الدولارات في مجال أبحاث الطاقة النووية .

نبذة عن الموضوع العالمي لتوليد الطاقة النووية (★) :

في عام ١٩٧٧ كان هناك ١٩ دولة تنتج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية وعدد الوحدات التي تعمل منها في العالم ١٧٢ وحدة منها ٦٠ وحدة بالولايات المتحدة الأمريكية وحدها وبلغ عدد الوحدات التي في مرحلة التخطيط أو التصميم أو الانشاء في نفس العام ٥١٠ وحدة . يخص الولايات المتحدة الأمريكية وحدها ١٦٨ وحدة .

ومن حيث النسبة المئوية للسمات الكهربائية للوحدات النووية نجد أن سويسرا في المقدمة حيث تصل الى ١٨٪ من اجمالي وحدات التوليد الكهربائية (١٠٠٦ ميجاوات كهربى) وتليها ألمانيا الاتحادية بنسبة ١٥٪ (٧٣٠٠ ميجاوات كهربى) ثم السويد بنسبة ١٣٪ (٨٠٩٧ ميجاوات كهربى) وفرنسا بنسبة ١٠٪ كذلك (٣٣٢٠ ميجاوات كهربى) ثم الولايات المتحدة الأمريكية في المرتبة السادسة بنسبة ٨٪ (٧٠٨٥ ميجاوات كهربى) ثم أسبانيا بنسبة ٥٪ (٩٧٠ ميجاوات كهربى) ثم باكستان بنسبة ٥٪ (١٢٥ ميجاوات كهربى) فالأرجنتين بنسبة ٤٪ (٣١٩ ميجاوات كهربى) فالهند بنسبة ٣٪ (٥٩٨ ميجاوات كهربى) .

أما بالنسبة لاجمالى سعة المحطات النووية العاملة أو في دور التخطيط فتأتى الولايات المتحدة الأمريكية في المرتبة الأولى بوحدة يبلغ اجمالي سعتها التصميمية ٢٢٦١٨٩ ميجاوات كهربى (٢٢٨ وحدة) ثم تليها فرنسا باجمالي ٣٩٣٤٥ ميجاوات كهربى (٤٧ وحدة) ثم أسبانيا باجمالي ٣٥٨٤٥ ميجاوات كهربى (٣٨ وحدة) ثم ألمانيا الاتحادية باجمالي ٢٨٦٨٣ ميجاوات كهربى (٣١ وحدة) ثم إيطاليا بعد استبعاد إيران

(★) ملاحظة : هذه البيانات حسب ما توافر للمؤلف عند إعداد مسودة هذه الطبعة من الكتاب - ويعد المؤلف القراء الاعزاء يبذل أقصى جهده لتحديث هذه البيانات في الطبعة التالية .

والتي كان من المقرر قبل الثورة أن يبلغ إجمالي وحداتها ٢٧٢٠٠ ميجاوات كهربى - بإجمالى ٢١٣٨٦ ميجاوات كهربى (٢٥ وحدة)

كيفية عمل محطات توليد الكهرباء من الطاقة النووية :

فى الحقيقة فإن المحطة النووية تشبه فى كثير من مراحلها المحطات البخارية التقليدية والتي تنتج الطاقة من حرق أنواع الوقود الحفرى ولكن الاختلاف الأساسى يكمن فى :

- طريقة توليد الحرارة اللازمة لتكوين البخار .
- التحكم فى توليد الحرارة .
- وأخيرا عوامل أو إجراءات الأمان ضد الإشعاعات .

فى المحطة النووية وبدلا من استخدام الفرن لحرق الوقود الحفرى - سواء كان حمحا أو مازوتا أو غارا - يستخدم المفاعل والذي يشتمل أو يحتوى على قلب للوقود النووى - وتولد الطاقة داخل المفاعل بعنبة تسمى « الانشطار » وفى هذه العملية عندما تصطدم نيوترونات بعض الدرات بنوايا ذرات معينة فإنها تشطرها الى ما يسمى « بنواتج الانشطار » والتي تتطير بسرعات كبيرة جدا فتولد حرارة أثناء اصطدامها بما يحيط بها من مواد فيما يسمى بالتفاعل المتسلسل .

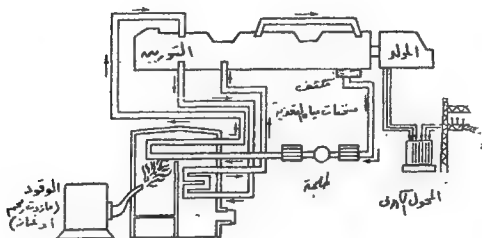
ويصحب عملية انشطار النوايا انطلاق (انبعاث) اشعاعات كهرومغناطيسية عالية الطاقة مع انطلاق لنيوترونات جديدة . وهذه النيوترونات الجديدة تؤدى الى سلسلة جديدة من الاصطدامات وتولد الحرارة الخ .

والمفاعل النووى هو أداة البدء والتحكم فى عملية الانشطار المتسلسل ويحتوى قلب المفاعل النووى على عناصر الوقود وهى عبارة عن تراكيب كيميائية من أى من عناصر اليورانيوم أو الثوريوم أو البلوتونيوم حسب نوع المفاعل وتولد الطاقة الحرارية نتيجة الانشطار للوقود النووى ويستخدم « وسيط تبريد » لنقل هذه الحرارة من داخل قلب المفاعل حتى يمكن استغلالها لتوليد الطاقة الكهربائية . فمثلا عناصر الوقود للمفاعلات التي تبرد بالماء عبارة عن أنابيب معدنية تحتوى على كريات اسطوانية من أكسيد اليورانيوم .

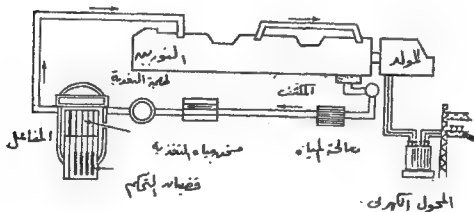
وتوجد طريقتان أساسيتان لاستخلاص الحرارة الناتجة من الانشطار هما :

- الأولى وهى طريقة مدغل الماء المغلى (BWR) والمبينة بالشكل وقم

(١ - ٢) حيث تستخدم قضبان تحكم للسيطرة على التفاعل من خلال امتصاص جزء أو غالبية ان لم نقل كل - النيوترونات - فالحرارة الناتجة من التفاعل تستخدم لتسخين الماء ومن ثم إنتاج بخار يقوم بإدارة التوربينات البخارية والتي يلحق بها مكثف ثم يعاد الماء ثانية الى داخل المفاعل ليتحول ثانية الى بخار وهكذا .



شكل (١ - ١) : رسم تخطيطي لمعدة حرارية تقليدية



شكل (٢ - ١) : رسم تخطيطي لمفاعل الماء المضغوط

- والطريقة الثانية وتسمى تفاعل الماء المضغوط «PWR» وتليق بالمشكل رقم (١ - ٣) وهي تختلف عن الطريقة الأولى في أن لها دائرة منفصلة للماء المضغوط الذي ينذهب الى داخل المفاعل وكذا داخل مولد

البخار الذي يولد البخار اللازم لإدارة التوربينة البخارية بنفس الطريقة التقليدية .

وكل من مفاعلات الماء المغلي والماء المضغوط ستستخدم بكثرة في أنحاء العالم وكثيراً ما يطلق عليها اسم مفاعلات الماء الخفيف «LWR» وذلك للتمييز بينها وبين مفاعلات الماء الثقيل والتي سيأتي ذكرها قريباً وفي مفاعلات الماء الخفيف .

يحصل فقط على جزء بسيط من الطاقة الجافة في وقود اليورانيوم تقدر من ٢٪ إلى ٣٪ فقط وحرارة وضغط البخار الناتج ليست عالية كمثيلتها بالمحطات البخارية التقليدية ومن ثم فإن هذا النوع من المفاعلات ليس له نفس كفاءة الغلايات التي تستخدم أنواع الوقود الحفري التقليدية .

وفي المفاعلات التي تبرّد بالماء :

فإن الوقود النووي والذي يشكل على هيئة كريات اسطوانية كما أسلفنا - توضع داخل الأنابيب أو « عناصر الوقود » وهذه « تبرّس » عند القمة والقاع وترتب على شكل « حزم » تسمى « تجميعات الوقود » Fuel Assemblies ويفصل ما بينها بواسطة ومبائل فصل Spacer Devices للسماح لوسيط التبريد للانسحاب (التدفق) حول كل العناصر للتخلص من الحرارة الناتجة عن الانشطار النووي وترتب تجميعات الوقود هذه بدقة لتكون قلب المفاعل النووي وهنا يجب أن ننوه إلى أهمية الترتيب الهندسي لهذه أسباب منها : -

- أن الوقود النووي - ليس مثل الوقود التقليدي - ذو كثافة طاقة عالية جداً وبالتالي تتولد كميات هائلة من الحرارة عن كمية بسيطة جداً من الوقود وعليه لا بد من ترتيب تجميعات الوقود بحيث تسمح بانسياب وسيط التبريد بينها لحمل الحرارة وهنا هو السبب الرئيسي لنشر الوقود بدلاً من تركيزه في مكان واحد .

- من الضروري تجنب التفاعل الكيميائي بين الوقود ووسيط التبريد وكإجراء أمان بدلاً من « احتواء » المواد المشعة ولهذا فإن الوقود يوضع داخل أنابيب منفصلة هي « عناصر الوقود » والمادة التي تصنع منها هذه الأنابيب أو عناصر الوقود والتي يطلق عليها أحياناً « البطانة » لابد وأن تستوفي عدة مواصفات صارمة فمثلاً .

- لا بد وأن يكون لها خواص جيدة لنقل الحرارة .

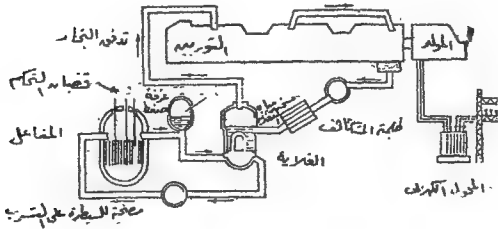
• لا تتفاعل كيميائياً مع أى من الوقود أو وسيط التبريد •

– وأخيراً ألا تمتص النيوترونات الناتجة عن عملية الانشطار للدرجة التي معها تعطل أو تتداخل مع عملية التفاعل المتسلسل ومادة البطانة الشائعة الاستخدام هي عبارة عن « أيايبي ذات سمك رفيع من الصلب عر القابل للصدأ أو من سبيكة من عنصر الركونيوم » •

وفي معظم المفاعلات تستخدم مجموعة من القضبان بوضع داخل قلب المفاعل لامتصاص النيوترونات- تعرض تعطيل عملية الانشطار ومن ثم السيطرة على هذه العملية بحيث تسحب هذه القضبان من داخل المفاعل اذا كان المرعوب زيادة الطاقة الحرارية وعلى العكس تسخل هذه القضبان بصورة كاملة داخل المفاعل عند الرغبة في إيقافه •

والنيوترونات – داخل المفاعلات تطلق بسرعات عالية جدا وهذه السرعات العالية غير مرغوب فيها في بعض نظم المفاعلات حيث انها تقلل من كفاءة عملية الانشطار وللتقليل من هذه السرعات توضع مادة داخل المفاعلات تسمى « المهدى » تقوم بتهدئة سرعة النيوترونات مع أقل قابلية ممكنة لامتصاصها والمواد المستخدمة لهذا الغرض هي الجرافيت أو الماء العادى الذى يستخدم كذلك كوسيط تبريد •

وجدير بالذكر فان معظم مفاعلات الطاقة التي تعمل حالياً أو تحت الانشاء تستخدم فكرة النيوترونات البطيئة ويطلق عليها المفاعلات الحرارية وبعد اخراج عناصر الوقود نهائياً من داخل المفاعل فانها تظل تحتوى على



شكل (١ - ٣) : رسم تخطيطى لمفاعل الماء المشحون

ما يتراوح ما بين ٩٧٪ الى ٩٩٪ من اليورانيوم الذى لم يستعمل بعد
عليه فيمكن بإجراء عملية استصلاح أو إعادة استخدام لهذه العناصر
مرة أخرى .

المفاعلات التي تبرد بالغاز :

تجرى حاليا دراسة جدوى تصميم هذا النوع من المفاعلات على
المستوى التجارى وفي هذه المفاعلات تصنع عناصر الوقود أساسا من
مركب من كاربيد اليورانيوم والجرافيت الذى يعمل من ناحية كمادة
تقوية (دعامية) لتدعيم التركيب الهيكلى وكحصن واقى لمادة الوقود وبين
الشكل رقم (١ - ٤) كيفية عمل هذا النوع من المفاعلات .

ومفاعل الغاز والذى يستخدم نوعا من المارات الحاملة مثل الهيليوم
كوسيط تبريد أى أن له تركيبا يختلف عن المفاعلات التي تبرد بالماء -
وعناصر الوقود مصنعة من الجرافيت الذى يعمل كمادة دعامية (للتقوية)
وكمهدئ للنيوترونات وكذا كبطانة والوقود النوى المكون من كل من
اليورانيوم والثوريوم يضغط الى منتصف أنابيب عناصر الوقود .

وحيث ان وسيط التبريد عبارة عن غاز حامل فأن الجرافيت يقوم
بعمل البطانة للوقود النوى وطبيعى أن الغاز الحامل لا يتفاعل ومن ثم
لا تتسبب في تآكل الجرافيت أو أى مادة دعامية أخرى .

ومن الناحية الفيزيائية فإن حجم عناصر الوقود لهذا النوع من
المفاعلات هى أكبر كثيرا من تلك المستخدمة في المفاعلات التي تبرد بالماء
ولا تحزم الى تجميعات من الوقود بل ترتب على حدة وعلى مسافات تسمح
بانتشاي وسيط التبريد حولها والأمر يحتاج الى بضعة مئات من عناصر
الوقود لتكوين قلب هذا المفاعل .

مفاعلات الماء الثقيل - كاندو :

تستخدم هذه المفاعلات حاليا في كندا وفي جهات أخرى من العالم
والماء الثقيل هو عبارة عن مادة تظهر بنسب بسيطة في داخل الماء العادى
(حوالى ١ : ٧٠٠٠) وهى عبارة عن أكسيد الديوتريوم والديتريوم هو
عبارة عن غاز الهيدروجين ولكن تحتوى نواته على نيوترون واحد والماء
الثقيل ذو كثافة أعلى بنسبة ١٠٪ عن الماء العادى .

ويستخدم الماء الثقيل كمهدئ داخل المفاعلات الكندية ومن
ثم حانت التسمية Canadian Deuterium Uranium — CANDU
ولمعرفة كفاءة الماء الثقيل كمهدئ فينبغى لنا أن ننوه هنا الى أن العلماء
المتخصصين يقيسون كفاءة أى مهدئ بمعامل يسمى « نسبة التهدئة »

ويبين الجدول (١ - ١) نسبة التهدة للأنواع المختلفة من المهدئات المستخدمة في المفاعلات النووية .

(شكل ١ - ١) نسبة التهدة للأنواع المختلفة من المهدئات

المهدئ	نسبة التهدة
الماء العادى	٦٠
اليورانيوم	١٥٠
الجرافيت	٢٢٠
الماء الثقيل	١٧٠٠

وهذه النسبة العالية للتهدة هي التي جعلت في الإمكان أن يستخدم مفاعل « الكاندو » اليورانيوم العادى بدلا من اليورانيوم الغنى (المخصب) والمستخدم في معظم المفاعلات الأخرى .

والتكاليف الاستثمارية للمفاعلات الماء الثقيل هي أعلى من مفاعلات الماء الخفيف ولكن التكاليف الجارية أقل بل تجب الزيادة في التكاليف الاستثمارية مما يجعل من المفاعلات أكثر اقتصادا من مفاعلات الماء الخفيف .

مفاعلات التوالد السريع :

يعطى هذا النوع من المفاعلات أملا كبيرا للبشرية فهو ينتج - أو يولد - وقودا نوويا أكثر مما يستهلك اذن فالوقود اللازم لهذا النوع من المفاعلات قليل التكلفة ولا يتأثر الى حد كبير - بالتغيرات في السوق العالمى لحام اليورانيوم ويكفى أن نذكر هنا حقيقة واقعة يتفق عليها المتخصصون وهي « أنه بدون انتاج مفاعلات التوالد السريع فان العالم سيستنفد مصادره من اليورانيوم ربما أوائل القرن الحادى والعشرين » .

فهذا النوع من المفاعلات يقدر له استغلال ٨٠٪ أو أكثر من الطاقة الكامنة في الوقود بينما الأنواع الأخرى التجارية تستغل ٢٪ أو ٣٪ فقط ويبين الشكل (١ - ٥) لمفاعل من هذا النوع يستخدم المعدن

السائل Liquid Metal والذي يحظى بأكبر قدر من الاهتمام داخل الولايات المتحدة الأمريكية وفي عدد آخر من الدول لانتاجه .

ومفاعل التوالد السريع يستخدم عناصر وقود وكذا قصان انتحكم في التفاعل المتسلسل بنفس الطريقة المتبعة في الأنواع الأخرى من المفاعلات أما وسيط التبريد الابتدائي فهو عبارة عن صوديوم سائل والذي يمر خلال المفاعل ثم بعد ذلك إلى مبادل حراري حيث تنتقل الحرارة إلى دائرة وسطي من الصوديوم وهذه تستكمل دائرة البخار إلى المكثف إلى مولد البخار كالمتبع في المحطات البخارية التقليدية .

طاقة الاندماج النووي - حلم البشرية حل أبدي لأزمة الطاقة :

معروف علميا أنه عند اندماج ذرات لعناصر خفيفة لتكون عنصرا أثقل فإن الفارق بين الكتلتين يتحول إلى طاقة هائلة وفقا لمعادلة أينشتاين الشهيرة لتحويل المادة إلى طاقة .

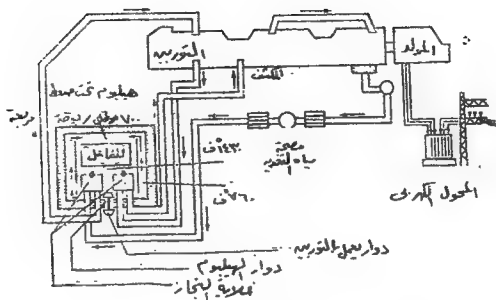
ومن الناحية النظرية فيمكن التحكم في هذه الحرارة مع الوقت وطاقة الاندماج هي أساس فكرة القنبلة الهيدروجينية ولكن الفارق هو أنه في القنبلة الهيدروجينية فإن طاقة الاندماج الهائلة تنطلق خلال جزء من الثانية بينما في حالة التفاعل المحكم يمكن « نشر هذه الطاقة على مدى عدد من الشهور » .

والمشاكل التي تعترض الأبحاث الخاصة بالسيطرة على طاقة الاندماج النووي هي أعقد كثيرا من نظيرتها في حالة الانشطار النووي .

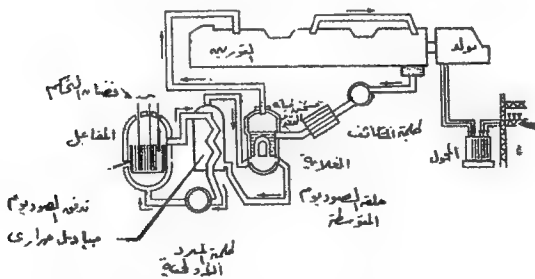
فالاندماج النووي يتم في درجة حرارة تبلغ عدة ملايين من الدرجات المثوية وتأمل الولايات المتحدة الأمريكية في بناء أول مفاعل اندماج تجريبي حوالي عام ١٩٩٠ على أن يتبع ذلك بناء وحدة لأغراض التعليم بقدرة ١٠٠٠ ميجاوات خلال الفترة من ١٩٩٥ إلى ٢٠٠٠ وبحلول عام ٢٠١٠ - لو تحقق الأمل المنشود في نجاح تطوير هذه الطاقة الهائلة مستخطلت الولايات المتحدة لتغطية ١٠٪ من احتياجاتها من الطاقة الكهربائية بواسطة طاقة الاندماج .

ومما يبعث على التفاؤل أن العلماء المتخصصين يرون إمكانية تحقيق ذلك وعلى مستوى تجاري وبما قبل بداية القرن القادم .

وإذا تحقق حلم البشرية في ذلك فسوف يكون للأجيال القادمة معين لا ينضب من الطاقة مادتها الحام هي الماء الذي يملأ البحار والمحيطات . وجعلنا من الماء كل شيء حي « صدق الله العظيم .



شكل (١ - ٤) : رسم تخطيطي للمفاعل العنصرية العالية الذي يبرد بالغاز



شكل (١ - ٥) : مفاعل التوالد السريع يستخدم وسيط تبريد من المعدن السائل

معلومات وارقام لها دلالتها الاقتصادية عن الطاقة النووية :

اجريت دراسات عديدة عن مستقبل اقتصاديات توليد الكهرباء من الطاقة النووية واثبتت جميعها ومازالت تثبت كل يوم انها ستكون وسستظل أكثر الوسائل اقتصادا . وللتدليل على ذلك نذكر مثلا (المصدر . المرجع السريع لشركة جنرال اليكتريك عام ١٩٧٧) .

١ - بلغ اجمالي الاقتصاد في تكلفة توليد الطاقة الكهربائية بالولايات المتحدة الأمريكية أكثر من بليونى دولار أمريكى ١٩٧٥ وحدها بالمقارنة لتكلفة تشغيل المحطات بأنواع الوقود التجارى الأخرى وهو رقم دلالة بالنسبة لاقتصاديات الطاقة وبطبيعة الحال يتضاعف هذا الرقم مع الزيادة فى كل من الاستهلاك وأسعار مصادر الطاقة التجارية .

٢ - أن المحطات النووية الأمريكية استطاعت أن تقتصد فى استهلاك المازوت بما يعادل ١٨٣ و ٢٢٨ مليون برميل من النفط أو ٥٥ و ٢٢ مليون طن من الفحم (٣٨٥٠ مليون طن متري) فى أعوام ١٩٧٤ ، ١٩٧٥ على التوالي وببطبيعة الحال - يتضاعف هذا الرقم بزيادة الاستهلاك ومع زيادة معدل الاعتماد على الطاقة النووية ومنذ بداية تشغيل أول مفاعل نووى بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٥٧ وصل اجمالي الاقتصاد فى مصادر الطاقة التجارية الى ٦٠٠ مليون برميل من النفط أو تقريبا ١٤٠ مليون طن (حوالى ١١٧ مليون طن متري) من الفحم . اليس ذلك مساهمة كبيرة لحل مشاكل الطاقة اضافة الى المساهمة ايجابيا فى توفير العط للصناعات البتروكيمياوية وغيرها من الصاعات النفطية .

٣ - بلغ متوسط تكلفة توليد وحدة الطاقة الكهربائية (الك.و.س.) فى الولايات المتحدة الامريكية عام ١٩٧٥ حوالى ١٢٢٧ سنت فقط أى أقل من مثيلتها من المحطات الحرارية التقليدية والتي تعمل بالمازوت بسبعة ٦٣٪ والتي تعمل بالفحم بنسبة ٣٠٪ .

٤ - أثبتت خبرة الدول النووية ومن بينها الولايات المتحدة الأمريكية أن درجة العول (الثقة) للمحطات النووية أعلى من نظيرتها التقليدية ويمكن تقييم ذلك اقتصاديا .

٥ - لبيان معنى كفاءة المحطات النووية من حيث اقتصاديات نقل وتخزين الوقود نستشهد هنا بحالة تطبيقية وهى كرية من الوقود النووى وزن ٢٩٠ أو تسبة (حوالى ٨١ جم فقط) تنتج نفس الكدر من الطاقة

الحرارية التي تنتجها كمية من النفط تساوى ٣١ برميل أو من الفحم تساوى ١٦٠٠ رطل (حوالى ٧٢٥ كجم) وهذه الحرارة تكفى لتويد حوالى ٢٠٠٠ ك و . س . تقريبا من الطاقة الكهربائية .

٦ - أجريت دراسة عن الآثار الاقتصادية التي يمكن أن تترتب على تأجيل البرامج النووية فوجد أن ذلك سوف يكلف الولايات المتحدة سنويا ٣٠٠ بليون دولار نتيجة ارتفاع الأسعار بالنسبة للبضائع أو الخدمات ذات الاستهلاك العالى من الكهرباء . فمثلا لو صدر حظر على إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية فذلك يعنى ارتفاع سعر تكلفة وحدة الطاقة الكهربائية (الكيلو وات ساعة) عام ٢٠٠٠ من ٢٤ سنت إلى ٣٨ سنت أى ارتفاع بنسبة حوالى ٦٠٪ (الأسعار وفقا لقيمة الدولار الأمريكى عام ١٩٧٥) .

٧ - حظر انشاء المحطات النووية يترتب عليه زيادة واردات الولايات المتحدة الأمريكية وحدها من النفط من ١٠ مليون برميل عام ١٩٩٠ إلى ١٧ مليون برميل يوميا أى بزيادة ٧٠٪ وهذا رقم له دلالة دون شك من حيث التعجيل لنضوب ثروة البشرية من النفط وناهيك عن آثاره لتوجيه الصراعات الدولية حول مصادر وكذا مسائل نقل النفط .

٨ - حقيقة اقتصادية أخيرة وهى أن زيادة سعر برميل النفط بمقدار دولار واحد يعادل فى آثاره الاقتصادية ارتفاع سعر رطل اليورانيوم الخام بمقدار ٢٥ دولار ألا يعنى هذا أننا يمكن أن نقول أن الوقود النووى مادم تكاد تكون لها مناعة ضد التضخم .

وبين الجدول رقم (١ - ٢) مقارنة سريعة بين توقعات اجمالى تكلفة إنتاج وحدة الطاقة الكهربائية من محطات الفحم والمحطات النووية فى الولايات المتحدة فى السنوات القادمة .

جدول (١ - ٢) مقارنة بين اجمالى التكلفة لإنتاج وحدة الطاقة من محطات الفحم والنووية بالولايات المتحدة الأمريكية من عام ١٩٨٥ حتى ٢٠١٥

نوع الوقود	توقعات اجمالى التكلفة فى الفترة ١٩٨٥ - ١٩٩٥	توقعات اجمالى التكلفة فى الفترة ١٩٩٥ - ٢٠١٥
نـووى	٣٥ سنت/ك.و.س	٧٦ سنت/ك.و.س
فحم الوسط الغربى	٣٨ " "	٩٦ " "
فحم الناحية الشرقية	٥٩ " "	١٤٩ سنت/ك.و.س

أي الإشعاعات أكثر خطورة ... النووية ... الطبيعية ... أم الصادرة
من أجهزة في حياتنا اليومية ومن صنع أيدينا ؟

الحقيقة نحن محاطون بالإشعاعات من جميع النواحي حتى يمكن أن نقول أنها أصبحت جزءاً لا يتجزأ من حياتنا مثل إشعاعات الضوء والحرارة والشمس حتى أن العلماء يطلقون عليها اسم الخلفية الإشعاعية Background Radiation وقيمونها بوحدة مللي رمز ويبين (الجدول ١ - ٣) (المصدر : المرجع السريع للقوى النووية لشركة جنرال اليكتريك ١٩٧٧) جرعات الإشعاعات التي يتعرض لها الإنسان من المصادر المختلفة وكلها من صنع يديه والجدول (١ - ٤) يبين جرعات الإشعاعات التي يتعرض لها الإنسان من الطبيعة في حياته اليومية وفي الظروف الطبيعية .

جدول (١ - ٣) جرعات الإشعاعات من مصادر صنع الإنسان :

القيمة بالمللي رمز/عام عند تعرض الجسم كاملاً لها	مصدر الإشعاع
١	- ميناء ساعة اليد
١ ٢٠	- جهاز التلفزيون
٥٠	- التشخيص بأشعة أكس
١٠٠٠/لكل سلسلة	- جرعة أشعة أكس لتشخيص وعلاج الأسنان
٥٠٠ — ٥٠٠٠ لكل جرعة	- جرعة أشعة أكس لتشخيص وعلاج الصدر

جدول (١ - ٤) نصيب الفرد من الاشعاعات الطبيعية

متوسط القيمة بالمللي رمز/عام	مصدر الاشعاع
٥٠	- الأشعة الكونية
١٥	- من الأرض
٢٥	- من المباني
٥	- من الهواء
٢٥	- من المياه والطعام
١٤٠	المجموع

ولطمأنة الرأي العام بالنسبة للمخاوف من أخطار إشعاعات المحطات النووية نود أن نسوق الحقائق التالية (نفس المصدر) .

١ - ثبت أن أفراد الأطقم التي تعمل على الطائرات العاتة التجارية يستقبلون ما بين ٣٠٠ الى ٤٠٠ مللي رمز كل عام من الأشعة الكونية هذا بالإضافة الى الإشعاعات الصادرة من الطبيعة والسالف ذكرها .

٢ - إذا قام شخص برحلة جوية ذهابا وعودة من سان فرانسيسكو (بغرب الولايات المتحدة الأمريكية) الى نيويورك (في شرقها) فإنه يكتسب ٤ مللي رمز تضاف الى متوسط نصيبه السنوي من (الخلفية الإشعاعية) .

٣ - يقدر عدد القتل من ضحايا الرحلات الجوية بالسرطان الناتج عن زيادة جرعات الإشعاعات بحوالي ٧٢٠٠ شخص ما بين أعوام ١٩٧٠ ، ٢٠٠٠ .

٤ - يقدر نصيب أي شخص يعيش في منطقة أي محطة نووية ب ١ مللي رمز / عام فقط تضاف الى « خلفيته الإشعاعية » .

٥ - يقدر عدد القتلى من ضحايا اشعاعات المحطات النووية وبافتراض عمل ١٠٠٠ معادل عام ٢٠٠٠ بأنه لن يريد عن ٩٠ شخصا فقط .

٦ - لو افترضنا أن ٣ ملايين سمة يعيشون في دائرة نصف قطرها ٥٠ ميلا من أي مفاعل نووي فإن الزيادة في عدد قتل السرطان تقدر بالرقم ٠.٠٠٦ / عام مع ٠.٢ / عام تشوهات في الأجنة هذا بالمقارنة الى التوقع الطبيعى لحالات الموت بالسرطان والتي تقدر بحوالى ٧٢٠٠ حالة في السنة وعدد التشوهات الجنينية والتي تقدر بحوالى ٤٨٠٠ حالة في السنة ٠٠٠ واضح جدا أن لا وجه للمقارنة ٠٠٠

٧ - بالنسبة لشخص يعيش داخل دائرة نصف قطرها ٥٠ ميلا من أي مفاعل نووي فإن نسبة احتمال موته بالسرطان في عام ما نتيجة جرعة مقدارها ٠.١ ر- مللي رمز / عام لا تتجاوز ١ : ٥٠٠ مليون بينما في الحالات الطبيعية فإن احتمال موت شخص بالسرطان في أي عام هي ١ : ٦٠٠٠ من هذا يمكن مقارنة حالة الموت بالسرطان نتيجة المعيشة بجوار أو قريبا من محطة نووية وهي كما أسلفنا احتمالها بنسبة ١ : ٥٠٠.٠٠٠.٠٠٠ الا يمكن تشبيهها تماما بالحالات القدرية مثل احتمال وفاته في اعصار أو ثورة بركان أو زلزال أو فيضان ٠٠٠

التخلص من النفايات اللوية :

بشكل عام هنالك ثلاثة أنواع من النفايات المشعة والمتخلفة داخل محطات القوى النووية وهي :

١ - نفايات ذات نشاط اشعاعي عال وهي نواتج ثانوية تتخلل أثناء اعادة تشغيل الوقود النووي وهذه تحتوي على كمية عالية من النظائر المشعة ذات العمر الزمني الطويل ومن ثم تحتاج الى فترة زمنية طويلة من العزل عن البيئة .

٢ - نفايات متراكمة ذات كمية لا يستهان بها من قاذفات اشعة الفأ، ولها عمر زمني طويل « البلوتونيوم » وهذه النفايات - مثل السابقة - تحتاج الى فترة زمنية طويلة من العزل عن بيئة الحياة .

٣ - نفايات ذات نشاط اشعاعي منخفض وهي تمثل الحجم الأكبر من كمية النفايات المتخلفة ولا تحتوي على كمية يمتد بها من النظائر

المشعة ويمكن تدارك أخطارها بمجرد دفنها على أعماق مناسبة وبطريقة آمنة .

ومن وجهة النظر العلمية والفنية فإنه يمكن السيطرة على الآثار الضارة للنفايات المشعة بشكل إيجابي وتم فعلا تطوير القاعدة الفنية اللازمة لذلك لمقابلة احتياجات السيطرة على النفايات الذرية في المستقبل والفكرة عبارة عن تكوير النفايا ذات النشاط الإشعاعي العالي داخل بوعمية زجاجية داخل كبسولات تدفن تحت الأرض على أعماق كبيرة داخل تكوينات جيولوجية على سسيل المثال داخل مهد ملحية Salt beds أو داخل قباء ملحية أو جرانيتية .

وعلى مدى ما يقرب من ٣٥ عاما هي خبرة الولايات المتحدة في هذا المجال لم تسجل فيها حالة وفاة أو إصابة واحدة نتيجة استخدام هذا التكتيك في التخلص من النفايات .

ولتصور مدى حجم النفايات المتخلفة نكتفي بأن نذكر هنا بعض الحقائق المتعلقة بهذا الموضوع وهي :

— بلغ حجم النفايات المتخلفة عن محطات القوى النووية بالولايات المتحدة عام ١٩٧٦ حوالى ٢٨٣ مترا مكعبا (ذات نشاط اشعاعى عال) بالمقارنة بتلك المتخلفة عن برامج التسليح النووى بها والتي بلغ اجمالها حتى نفس التاريخ ٢٠٠٠٠٠ متر مكعب (مائتى ألف) أى ٧٠٠ ضعف الناتج من محطات القوى النووية .

— بحلول عام ٢٠٠٠ ومع تصميم تكنولوجيات إعادة دورة استخدام الوقود النووى سيكون جملة حجم النفايات ذات النشاط الإشعاعى العالى من المحطات النووية قد بلغ ٩٣٤٥ مترا مكعبا بينما سيبلغ حجم المتخلف من الأسلحة النووية ٣٠٠٠٠٠ متر مكعب أى ٣٣ مرة حجم المتخلف من محطات القوى النووية .

— يقدر اجمالى كمية النفايات ذات النشاط الإشعاعى المولدة من احتياجات الفرد من الطاقة فى الولايات المتحدة الامريكية طوال حياته (بفرض ٧٠ سنة) ويعرض أن كل الطاقة مولدة بمصدر نووى حوالى نصف رطل .

— أما مساحة الأرض اللازمة عام ٢٠٠٠ لدفن النفايات ذات النشاط الإشعاعى العالى اللازمة لاستهلاك الولايات المتحدة من الطاقة سيكون حوالى عشرين هكتار (حوالى خمسين فدانا فقط) .

● الفصل الثاني

دور الطاقة النووية لحل مشكلة الطاقة في العالم

مقدمة :

المقصود بالطاقة النووية بأنها الطاقة الناتجة من انشطار نوايا ذرات اليورانيوم والبلوتونيوم . وهي بدون شك ستسهم في امداد البشرية بمصدر كبير من الطاقة المسترشدة .

وهذا الاسهام يعتمد بالاساس وبصفة مطلقة على توزيع مصادر الانسان الطبيعية الملائمة وعلى امكانياته الصناعية .

وجدير بالذكر فان أول انشطار نووي تجريبي ومسيطر عليه هو ذلك التفاعل النووي المتسلسل الذي اجري في ضواحي مدينة شيكاغو عام ١٩٤٢ والذي فتح الطريق فيما بعد لتطوير استخدامات اليورانيوم .

وفي استخدام الانسان الطاقة النووية على نطاق واسع في الأغراض الحربية . أما في المجالات السلمية فما زال استخدامها محدودا الى حد ما . وما زال استخدام هذه الطاقة كمصدر عملي تجارى لاحتياجاته من الطاقة فيكاد الآن أن يكون قاصرا على انتاج الطاقة الكهربائية حيث انتجت أول مرة من محطة لاختبار المفاعلات بولاية أيدهو الأمريكية عام ١٩٥١ .

ولقد تدرجت نسبة مساهمة الطاقة النووية في مصادر الطاقة العالمية من ٠.٦٪ عام ١٩٦٧ الى ٢٪ عام ١٩٧٤ وإلى حوالي ٤٪ في الوقت الحالى وعلى كل فمستقبلا سيكون المعدل الذى ستصبح به الطاقة النووية متيسرة - أو فى متناول اليد - سيعتمد على القرارات التى تتخذها الحكومات والتى ولا بد أن تحترم السياسات واتباع الاجراءات الملائمة لتطبيقها .

ومن المسلم به فإن الطاقة النووية مسرورة لا تسهم في انتاج الطاقة الكهربائية بحسب بل سوف تسهم في قطاعات مختلفة وعلى سبيل المثال فقد ساهمت الطاقة النووية في مدونة الماسرل والمنحلات العامة في السويد . كما ساهمت في انتاج الماء «سكيل في كندا» . والمتوقع أن يتسارع استخدامها في تطبيقات الحرارة المنخفضة ثم سوف يتبع ذلك تطبيقات الحرارة العالية فيما بعد . وسوف تجد الطاقة النووية تطبيقا لها في مختلف الاستخدامات وحتى الاستخدامات التي تعتمد على « الهيدروكربونات في الحانة المصنعة » فيمكن أن تقوم الطاقة النووية بدور مهم في هذا المجال فتستخدم أولا في استخراج الهيدروكربونات الصمغية وبالتالي في تكوين هذه المركبات صناعيا من الفحم وربما من الحجر الجيري كذلك وعلى الرغم من أهمية استخدام الطاقة النووية في غير أنشآت ترديد الكهرباء - وحتمًا سيزيد هذا الاستخدام بعد عام ١٩٦٠ - إلا أنه يبدو أنه قبل هذا الوقت سوف لا يكون حجم الطاقة النووية لهذه الاستخدامات بالحجم الذي يقارن بتطبيقاتها في توليد الكهرباء .

وفي الوقت الحالى فإن المضي في استخدام الطاقة النووية تقبده اعتبارات جماهيرية الى جانب التزام الحكومات جانب الحذر الذى تملبه التحديات الكبيرة متبلورة في التساؤلات عن تأمين سلامة المفاعلات النووية - الآثار البيئية - مشكلة التخلص من النفايات النووية . واحيرا ما يتعلق بخطر انتشار الاسلحة النووية .

هذا ولو ان بعض المتخصصين - ومنهم الأستاذ « فوستر » وهو نائب رئيس اللجنة القومية الكندية لمؤتمر الطاقة العالمى - يرى أن نسبة الخطورة في المحطات النووية على العاملين بها لا تتجاوز نسبة ما يتعرض له الانسان أثناء سعيه اليومي ويستشهد بأنه يوضح نواتج الانشطار النووى (النفايات) داخل وعاء زجاجى ودفنها داخل تربة رملية مرطبة بالماء ومع المراقبة أمكن لها أن تمتد كذلك لمدة عشرين عاما دون حدوث ما يهدد السلامة العامة . ويقول هذا الأستاذ انه طالما لا تمتد إليها يد تزحزحها من مكانها بعد دفنها على عمق كاف فلا بد أن تظل هكذا الى الأبد . ويقترح هذا الأستاذ أن تعمم هذه الطريقة للتخلص من النفايات النووية ولر أن للسويديين إبحاثا في هذا المجال سيأتى ذكرها في الباب الثالث .

اما عن الآثار السامة لفضلات انبلوتونيوم - فكما يقول نفس الأستاذ - فهي تعادل نفس الآثار التي يتركها خام الرصاص وأقل من الآثار السامة لمعدن الراديوم .

ويتساءل نفس الاستاذ « منذ متى كانت برامج الطاقة النووية طريقاً تسلكه الدول لصيل تجارب الأسلحة النووية » فربما يمكن متلا أن هذه البرامج تساعد الدول على الوصول لمرحلة تجارب - الانفجارات النووية ولكن لا يفترض دائماً أن عدم وجود برنامج للطاقة يمكن أن يمنعتها من ذلك - فالمعروف أن الاشراف النووي في هذا المجال فعال وله وزنه - ولكن التدخل - بدون حق - في برامج الطاقة النووية قد يخلق وضعاً عكسياً من شأنه الوقوع في المحذور .

وكما ذكرنا فإنه بجانب اسهام الطاقة النووية في امداد العالم بالطاقة وهذا الاسهام وان كان حالياً أغلبه بشكل طاقة كهربائية فستكون هنالك دوافع لا ممداء جزء من هذه الطاقة في تطبيقات الحرارة المنخفضة والعالية . كما أن هناك مجالاً يمكن الاستفادة فيه من الطاقة النووية وهو مجال صناعة الوقود الصناعي في الحالة المميعة . ولقد أمكنه لاحدى مجموعات العمل في «جوليش» من تقدير الورق نتيجة لاستخدام الوقود الصناعي بدلا من البترول والغاز الطبيعي عام ٢٠٢٠ شحواى عشرة بليون طن من البترول والغاز الطبيعي اذا ما استخدمنا مفاعلات الحرارة العالية والتي تبرد بالغاز وذلك لتحويل الفحم إلى « هيدروكربون في الحالة المميعة » وهذا يستلزم استهلاك حوالى نصف هذه الكمية من الفحم مع حوالى ١/٤ مليون ميغا جرام من اليورانيوم . وهذا جزء بسيط من الاحتياجات المقدرة لتوليد الطاقة الكهربائية .

التنمية في الطاقة الكهربائية :

أعدت لجنة « الاستهلاك للطاقة المنبثقة عن المؤتمر العالمى للطاقة » تقديرات بالنسبة للنمو الصناعي النووي تأسيساً على افتراضات أولية للاحتياجات من الطاقة الكهربائية . وذلك كجزء من دراسة شاملة لمصادر العالم من الطاقة حتى عام ٢٠٢٠ وعلى الرغم من أن الافتراضات الخاصة بالطلب على الطاقة الكهربائية تم اعدادها لاحدى عشر منطقة من العالم . وكما هو مبين بالجدول رقم (٢ - ١) فقد تم تقسيمها هنا الى ثلاثة مجموعات من البلاد .

جدول رقم (٢ - ١) تقدير لاحتياجات العالم من القدرة

الكهربائية مقدرة بـ ١٨١٠ جول

المجموعة	عام				معدل النمو ٢٠٢٠
	١٩٧٢	١٩٨٥	٢٠٠٠	٢٠٢٠	
دول منظمة التعاون الاقتصادي (مناطق ١ - ٣)	١٤١	٢٤٦	٤٨٤	١٠٨٤	٤٢
دول التخطيط الاقتصادي المركزي (مناطق ٤ - ٥)	٤٧	١١١	٣٨٦	٨٣٧	٦٠
بقية الدول (مناطق ٦ - ١١)	١٦٣	٤١	١١٦	٤٥٦	٦٩
الإجمالي	٢٠٥	٣٩٨	٩٨٦	٢٣٧٧	٥١

تزايد معدلات تنمية القدرة النووية :

تمتد القدرة النووية حالياً حوالى ٤٪ فقط من احتياجات العالم
الكهربائية ومعظمها بالدول الصناعية المتقدمة .

ولتقدير ما يمكن للتكنولوجيا النووية أن تحل محل التكنولوجيا التقليدية فى إنتاج الطاقة الكهربائية فيقدم لنا الاساتذة « فيشر - براى » نموذجاً رياضياً بسيطاً لوصف أحد التغيرات الصناعية وهو التغير فى معدل المفاعلات النووية فى عام ١٩٧٥ تم اختياره ليتفق مع المعدل التاريخى - كذلك كما هو معروف - مع برنامج تركيب المفاعل فى كل منطقة . اما بالنسبة للمدى الطويل فقد فرض ان الجزء من الطاقة الكهربائية والذي تمده الطاقة النووية يمكن أن يميل - فى ما لا نهاية الى ٥٠٪ فى كل المناطق . وهذا الافتراض كما هو واضح لا يمكن الدفاع عنه على أساس دولة - دولة . وهو كم توسط ينطبق على عدة بلاد . وعليه فاننا نتحفظ ازاء هذا الفرض حيث ان نسبة لا يستهان بها من التنمية فى الدول غير النووية ستكون ملزمة للحفاظ على نصيب الخمسين فى المائة من انتاج الطاقة الكهربائية فى عام ٢٠٢٠ وبين الجدول (٢ - ٢) ملخص النتائج التى تم الحصول عليها بدراسة هذا النموذج الرياضى .

جول (٢ - ٢) المصطلحات النووية المخطط لانشائها مقدرة باليجاوات

٢٠٢٠	٢٠٠٠	١٩٨٥	١٩٧٥	المجموعة
				عام
٢٤٢٣	٩٥٥	٢٤٧	٦٨	- دول التعاون الاقتصادي (مناطق ١ ← ٣)
١٦١٠	٤٠٢	٣٣	٧	- دول التخطيط الاقتصادي المركزي (مناطق ٤ ← ٥)
١٠٠٠	١٨٦	٢٣	١	- بقية الدول (مناطق ٦ ← ١١)
٥٠٣٣	١٥٤٣	٣٠٣	٧٦	الاجمالي

ويلاحظ انه في المدى القريب - أي قبل عام ٢٠٠٠ - نرى ان هذه التقديرات تقع قريبة من الحد الأدنى من التقديرات التي سبق تقديمها في مؤتمر سالزبورج من ٢ الى ١٣ مايو ١٩٧٧ . أما فيما بعد عام ٢٠٠٠ فهذه التقديرات تقع فيما بين أعلى وأقل قيم تم التنبؤ بها حديثا .

نبذة عن المصطلحات النووية :

اليورانيوم هو المادة الأساسية في الصناعة النووية اضافة الى الثوريوم والبلوتونيوم والاشكال التي يوجد فيها اليورانيوم هي الطبيعة هي التي تحدد أنواع المفاعلات المستخدمة حاليا وكذلك المتوقع تطويرها واستخدامها في المستقبل .

ويوجد اليورانيوم في الطبيعة على ثلاثة أشكال هي :

- يورانيوم ٢٣٨ والذي يشكل ٩٩.٣٪ من اليورانيوم الطبيعي .
- يورانيوم ٢٣٥ ويوجد بنسبة ٠.٧٪
- يورانيوم ٢٣٤ ويوجد بنسبة ٠.٠٠٥ ٪

يورانيوم ٢٣٥ هو المادة الطبيعية الوحيدة القابلة للانشطار ولذلك فهو ضرورى لانتاج الطاقة النووية . ومع ذلك فان خام اليورانيوم يصعب لزيادة تركيزه الى ٣٥٪ أو ٥٠٪ يورانيوم ٢٣٥ قبل استعماله فى المفاعلات النووية ويطلق عليه النوى Enriched uranium أما اليورانيوم ٢٣٨ فهو غير قابل للانشطار طبيعيا ولكن يعتبر مادة خصبة وذلك لأنه يتحول الى بلوتونيوم ٢٣٩ القابل للانشطار عند قذفه بسيل من النيوترونات وهناك تصميمات عديدة للمفاعلات النووية لكل منها خواص عمل متميزة اعتبارات اقتصادية - نوعية وقود الخ .

وفيما يلى سنعرض موجزا لأربعة أنواع من المفاعلات النووية لانتاج الحرارة وكذلك الطاقة الكهربائية التى تعمل حاليا - أو من المتوقع أن تعمل على المستوى التجارى خلال السنوات القادمة من حيث أنواع اليورانيوم المستخدم .

أولا : مفاعل الماء الخفيف :

وهو على نوعين هما الماء المضغوط ومفاعل الماء المغلى وكلاهما يستخدم خام اليورانيوم الطبيعى الذى يجرى تصنيعه وتركيزه من ٠.٧٪ الى ٣٪ يورانيوم ٢٣٥ .

ثانيا : مفاعل الماء الثقيل :

ويستخدم اليورانيوم الطبيعى كوقود والماء الثقيل ولا يجرى فيها تصنيع وتركيز اليورانيوم . كما أنها لا تترك فضلات (نفايات) من اليورانيوم ٢٣٥ .

وكلا من مفاعلات الماء الخفيف والماء الثقيل هى مفاعلات حرارية لأنها تعمل بالطاقات الحرارية للنيوترون . وتتولد الحرارة من انطلاق الطاقة خلال الانشطار النووى - ثم تؤخذ الحرارة بواسطة نقل بارد لانتاج البخار .

ثالثا : مفاعل التوالد السريع :

ويسمى بذلك لأنه يعمل بالنيوترونات السريعة . ويولد وقودا أكثر مما يستهلك وفى نفس الوقت يعمل كمحطة لتوليد البخار . كما أنه يوفر طريقة عملية لاستغلال اليورانيوم الطبيعى غير القابل للانشطار

(يورانيوم ٢٣٨) الذى تبلغ نسبة وجوده ٩٩٪ / وأن هذا المولد يحول اليورانيوم ٢٣٨ - بامتصاص النيوترونات - الى بلوتونيوم ٢٣٩ .

ربعا : مفاعل الحرارة العالية :

لا يزال هذا النوع من المفاعلات قيد التطوير رغم انشاء عدد قليل منه . وفي حالة نجاحه تجاريا فالمتوقع أن يولد حرارة بدرجة عالية تناسب صناعات خاصة مثل تحويل الفحم الى الغاز (التفتيز) أو انتاج غاز الهيدروجين .

وفي انقلت الحاضر فإن محطة طاقة نووية سميتها تتراوح ما بين ٨٠٠ الى ١٣٠٠ ميجاوات تستغرق في المتوسط ٣٧ شهرا للتصميم و٦٣ شهرا للانشاء والتركيب قبل وضع الوقود النووي بها اما تكلفة محطة نووية واحدة بسعة ١٠٠٠ ميجاوات فربما تتكلف أكثر من حوالى بليون ونصف بليون دولار أمريكى (عام ١٩٨٢) .

السيناريوهات النووية :

بعد ارتفاع أسعار البترول في العالم ومع التقدم العلمى صارت الطاقة النووية فى وضع يتنافس اقتصاديا مع محطات الوقود التقليدية ففي عام ١٩٧٥ كان مجمل قمرات المحطات النووية التى يتم انشاؤها فى العالم هى ٧٦ جيجاوات . منها ٨٠٪ ذات مفاعلات من نوع الماء الخفيف ، ١٢٪ منها تستخدم الجرافيت كعازل وتبرد بالغاز - ٤٪ منها تستخدم مفاعلات الماء الثقيل وجميعها تعمل على أساس دورة اليورانيوم الواحدة حيث يكون اليورانيوم ٢٣٥ هو النظير الرئيسى لعملية الانشطار أما ال ٤٪ الباقية فهى من وحدات من المفاعلات سريعة التوليد والتى تبرد بالمعدن السائل (LMFBR) وكذلك بمفاعلات الحرارة العالية والتى تبرد بالغاز (HTGR) والواضح فان القدرة النووية ستتنمو بمختلف الوسائل وفى مختلف البلاد ولكن أغلب هذا النمر كما هو واضح بالجدول (٢) سياتى من وسائل تكنولوجيا معروفة من قبل وستتقدم فيما يلى خمسة سيناريوهات كمحاولة لتغطية مدى واسع من امكانيات التنمية النووية وهى :

سيناريو ١

معتمد على عدم اعادة تشغيل الوقود النووي وفى هذه الحالة تركب مفاعلات للتحويل الحرارى (TCR) فى جميع المناطق ومع استخدام

الماء الخفيف لعملية التحويل حيث ان هذا النوع من المفاعلات هو النوع السائد تجاريا اليوم *

سيناريو ٢

التوالد السريع - ولكن بتخلف زمني قدره عشرة سنوات في كل منطقة عن الحالة ٣ المذكورة أدناه *

سيناريو ٣

وهي الحالة الأساسية وتعتمد على تركيب مفاعلات التوالد السريع تجارية مع مضاعفة زمن الوقود وهو ٢٤ عاما - عند معامل حمل ١٠٠/ في عام ١٩٩٣ في أمريكا الشمالية وفي عام ١٩٩٥ في الاتحاد السوفيتي وفي عام ١٩٩٧ في أوروبا الغربية ثم عام ٢٠٠٠ في اليابان *

سيناريو ٤

وهو نفس سيناريو ٣ مع افتراض تحسين في تصميم المفاعلات سريعة التوالد بحيث يصبح زمن تضاعف الوقود عشرة سنوات (عند معامل حمل ١٠٠٪) *

سيناريو ٥

وهو سيناريو دورة الثوريوم ويستخدم فيه الثوريوم بدلا من سيناريو المفاعلات سريعة التوالد أما نظام التوقيت فهو تماما مثل سيناريو ٣ مع استخدام متغيرات دورة وقود مفاعل الماء الثقيل أما باقي النظام النووي فهو يتרכب من نفس نظام مفاعل الماء الخفيف *

الوقود النووي

كما ذكرنا من قبل فان طاقة هائلة تنتج من تحطيم - أو انشطار - نواة الذرة هي الطاقة النووية .

ولعل المادة الطبيعية الوحيدة الملائمة مباشرة للانشطار النووي هي « نظير اليورانيوم » أو « اليورانيوم ٢٣٥ » وهذا الأخير كما سبق أن ذكرنا في الباب السابق يوجد بنسبة ٠.٧٪ في اليورانيوم ٢٣٨ .

ولكن ما هو اليورانيوم ؟

هو فلز - في حالته النقية - له بريق فضي ولكنه يتأكسد بسرعة بفعل الهواء والرطوبة ليصبح مغشى بطبقة سوداء من الأكسيد . وهو من أثقل الفلزات (يبلغ ١٩٦٥ مرة كثافة الرصاص) .

واليورانيوم ٢٣٨ ليس قابلا للانشطار بنفس الطريقة التي ينشطر بها يورانيوم ٢٣٥ . ومع ذلك فيمكن لليورانيوم ٢٣٨ أن يتحول في مفاعل نووي الى مادة مفيدة قابلة للانشطار هي « نظير البلوتونيوم » أو بلوتونيوم ٢٣٩ . والبلوتونيوم ليس عنصرا طبيعيا ولكنه واحد من سلسلة من العناصر التي صنعها الانسان أثناء جهوده لاستكشاف مصادر ووقود نووي جديد .

والثوريوم هو المصدر الآخر الوحيد الذي يوجد طبيعيا كمصدر ذي شأن للوقود النووي . وهو فلز ثقيل ذو نشاط إشعاعي . والثوريوم غير قابل للانشطار مثل يورانيوم ٢٣٥ ولكن فقط يمكن تحويله داخل مفاعل نووي الى نظير هو « يورانيوم ٢٣٣ » والذي يوجد في الطبيعة .

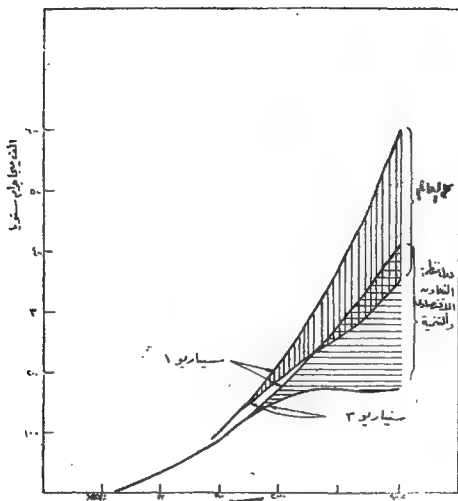
والحاجة إلى الثوريوم تعتبر غير ملحة قياساً إلى حاجة العالم إلى اليورانيوم وهو المصدر الطبيعي الوحيد الذي يعول عليه لإنتاج ما تحتاجه من الطاقة النووية .

الطلب على اليورانيوم :

تبين الجداول رقم (٣ - ١) . رقم (٣ - ٢) والشكل (٣ - ١) المتطلبات من اليورانيوم على كل من المدى المتوسط (حتى عام ٢٠٠٠ ، المدى الطويل (حتى عام ٢٠٢٠) لكل سيناريو . وقد تضى فترة قصيرة (ربما حتى عام ١٩٨٧ مثلاً) فقط وبعبء سيصل الطلب السنوى على اليورانيوم - فى دول التعاون الاقتصادى والتنمية إلى درجة التشبع وذلك إذا طبقت سيناريو معادلات التوالد السريع التجارية وفقاً للسيناريو الثالث .

أما التطور باستخدام سيناريو دورات الوقود المتقدمة مثل دورة الثوريوم والمفاعلات سريعة التوالد - فيوصى بها وبدرجة خفيفة - فى الدول النامية مثل الهند على سبيل المثال . وعلى كل فكان المفروض أن تنفذ المخطط باستخدام المفاعلات سريعة التفاعل سيحدث أولاً - وإلى حد كبير - فى الدول المتقدمة صناعياً مع اعتماد غالبية الدول النامية على تكنولوجيا التحويل ذات الأقدم الراسخة .

وعليه ففى السيناريو الثالث فمتطلبات الدول النامية العاجلة من اليورانيوم تقلل من رد فعل ادخال مفاعلات التوالد السريعة على المتطلبات العالمية والتى تستمر فى الزيادة على الرغم من أن الزيادة بمعدل منخفض .



(شكل ٣ - ١) : تأثير التاج ملاقات التوالد السريع على الطلب السنوي الكلي لليورانيوم

جول رقم (٣ - ١) تقديرات الطلب المحلي السنوي على التيرياتيم باللغة الفل عن

مناطق (٦ - ١١)	باقى الدول	دول التخطيط الاقتصادى		دول منطقة التضامن الاقتصادى		مستارو التنبؤ
		المركزي (مناطق ٤ - ٥)	دول التخطيط الاقتصادى	مناطق (١ - ٣)	دول منطقة التضامن الاقتصادى	
عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	
١٠٨	٠٤	٢٠٨	٠٨	٤٢	١٨	١ - مستارو
١٠٨	٠٤	٢٠	٠٧	٢٥	١٧	٢ - مستارو
١٠٨	٠٤	١٧	٠٧	١٧	١٥	٣ - مستارو
١٠٨	٠٤	٠٩	٠٧	٠٨	١٤	٤ - مستارو
-	-	٢١	٠٨	٢٦	١٥	٥ - مستارو

جدول (٢ - ٢) : تغيرات اجمالي الطلب المحلي على الجرد والتوريد من ١٩٧٥
إلى ٢٠٢٠ بمائة ألف طن (تونسي)

سجل النمو	دول منطقة الممازن الاقتصادية (٢ - ١) مناطق)		دول التخطيط الاقتصادي المركزي (مناطق ٤ - ٥)		باقي الدول (مناطق ٦ - ١١)	
	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠
١ - سجل	٢٠	٧٨	٦١	٢٩	٥٠	٢٢
٢ - سجل	٢٠	٦١	٦١	٢٦	٥٠	٢٢
٣ - سجل	٢٠	٥٣	٦١	٢٨	٥٠	٢٢
٤ - سجل	٢٠	٤٦	٦١	٢٣	٥٠	٢٢
٥ - سجل	٢٠	٨٥	٦١	٢٢	٥٠	٢٢

وبين الجدول (٣ - ٣) الكميات المطلوبة من اليورانيوم لتشغيل جميع المحطات النووية المنشأة طوال بقية الثلاثين عاما من عمرها الافتراضي .

أما متطلبات الثوريوم - وفقا للسيناريو الخامس - فهي أقل كثيرا من متطلبات اليورانيوم وتزداد هذه المتطلبات لتبلغ اثنى عشر ألف (١٢٠٠٠) ميجا جرام سنويا عام ٢٠٢٠ .

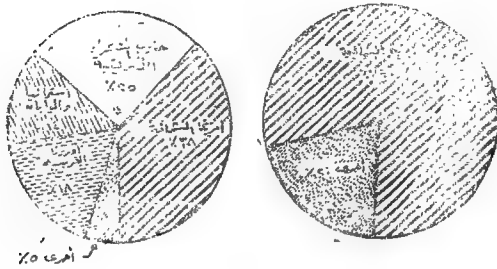
أما متطلبات اليورانيوم لدورة الثوريوم فهي تقريبا تقع فى منطقة ما بين متطلبات السيناريو الأول والثالث .

جدول (٣ - ٣) : تقديرات اجمالي كميات اليورانيوم لتشغيل المحطات طوال ٣٠ عاما بالآلة الف طن

سيناريو التنمية النوى	منظمة دول التعاون الاقتصادي (مناطق ١ - ٣)	دول التخطيط الاقتصادى المركز (مناطق ٤ - ٥)	باقي الدول (مناطق ٦ - ١١)
- سيناريو ١	١٣	٧٧	٤٨
- سيناريو ٢	٩	٦٦	٤٨
- سيناريو ٣	٧	٤٧	٤٨
- سيناريو ٤	٥٣	٣٢	٤٨
- سيناريو ٥	٩	٥٨	-

(شكل ٣ - ٢) : تقدير لمصادر العالم من اليورانيوم الممكن استخراجه

بتكلفة ١٣٠ دولار/كجم بنسار يتاير سنة ١٩٧٧



مصادر مؤكدة بدرجة معقولة ملن يورانيوم	المنطقة	تقدير للمصادر الاضافية ملن يورانيوم
٨٢٥٠٠٠	١ - أمريكا الشمالية	١٧٠٩٠٠٠
٣٨٩٣٠٠	٢ - أوروبا الغربية	٩٥٤٠٠
٣٠٣٧٠٠	٣ - استراليا - نيوزيلندا - اليابان	٤٩٠٠٠
٦٤٨٠٠	٧ - أمريكا اللاتينية	٦٦٢٠٠
٣٢١٠٠	٨ - الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	٦٩٦٠٠
٥٤٤٠٠٠	٩ - جنوب الصحراء الأفريقية	١٦٢٩٠٠
٣٠٠٠	١٠ - شرق آسيا	٤٠٠
٢٩٨٠٠	١١ - جنوب آسيا	٢٣٧٠٠
٢٠١٩١٧٠٠	الاجمال العالمى	٢٠١٧٦٢٠٠

تقديرات مصادر اليورانيوم :

ان قصة صناعة اليورانيوم تعتبر ذلت تاريخ قريب اذا ما قورنت بصناعات الفحم والهيدروكربونات . فصرها لا يتجاوز تقريبا الثلاثين عاما فنشأة هذه الصناعة بدأت في الخمسينات من هذا القرن . وكان ذلك استجابة لاجراض دفاعية ثم تلا ذلك هبوط حاد في معدل تطورها اذ عانت هذه الصناعة - ولعدة اعوام - من التراجع - ولربما كان ذلك لزيادة المخزون منه وبالتالي العرض عن الطلب . واستمر هذا الركود حتى الحظر العربي على البترول عامي ١٩٧٣ . ١٩٧٤ ولم تكن حتى هذا الوقت قد اكتسبت هذه الصناعة قوة دفع ذاتية كتلك التي اكتسبتها في الخمسينات .

هذه القصة الموجزة تبين لنا مسئولية تعفن الدعائم الحالية لهذه الصناعة ليس فحسب بل كذلك باعتبارها أحد العوامل الرئيسية المسؤولة عن المعلومات الحالية والمحددة عن المصادر العالمية لليورانيوم .

وهناك عدة عوامل اضافية تعرقل الجهود الحالية لعمل تقديرات لصادر اليورانيوم . وهذه العوامل تتراوح ما بين مشاكل أساسية خاصة بتصنيف المصادر الى نقص في المعلومات البسيطة والوسائل المقبولة والتي يمكن بها الوصول الى هذه التقديرات .

والبرنامج الأكثر شمولاً لتقدير الموقف العالمي لمصادر اليورانيوم على أساس منتظم هو ما تقوم به وكالة الطاقة النووية NEA لدول التعاون الاقتصادي والتنمية بالاشتراك مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA

ويبين الشكل (٣ - ٢) التقديرات الحالية لمصادر اليورانيوم الممكن استخراجه في العالم - ولحد كبير - وذلك بعد استبعاد المناطق ٤ ، ٥ وضم يوغوسلافيا للمنطقة ٢ وإعادة توزيع الأوبك (المنطقة ٦) جغرافياً .

ولقد قسمت المصادر الى فصيلتين وفقاً لدرجة الاعالة عليها والتي تحددها درجة التأكد من التواجد ثم قسمت التقديرات « بالطن » على المنعقد في أماكن استخراجه بحده أعلى للتكاليف تبلغ ١٣٠ دولار للكيلو جرام من أكسيد اليورانيوم (بأسعار عام ١٩٧٦) ولم تبدل محاولات حتى الآن - على قدر معاومات الكاتب - للتحديد الكمي للاحتياجات

لعمامة واتى يتكلف فيها الكيلو جرام من أكسيد اليورانيوم لاستخراجه أكثر من ١٣٠ دولارا (بأسعار عام ١٩٧٦) حيث ان هذه التقديرات متواجدة فقط لبعض الحالات الانفرادية .

وحتى التقديرات الخاصة بالفصائل الاضافية للمصادر فهي تشير فقط الى تلك المتوقعة في المناطق المعروفة نسبيا .

وأكثر من ٦٠٪ من المصادر المؤكدة بدرجة معقولة تقع في أمريكا الشمالية وجنوب الصحراء الافريقية وبنسبة كبيرة في الرواسب التي على هيئة أحجار رملية والحصى الكروي التشكل من الكوارتز وفي عروق الصخور .

وقد يكون مناسباً هنا أن نذكر أن حوالي ٧٧٪ من جميع المصادر في أوروبا الغربية تتواجد في قواقع حجر الشب بالسويد والمتوقع أن يكون استغلالها مستقبلا محدودا .

أما بقية المصادر – ومعظمها في استراليا فهي متواجدة في عروق الصخور ويوجد حوالي ٧٩٪ من الاجمالي العالمي لتقديرات المصادر الاضافية والتي يقدر الكيلوجرام من اليورانيوم فيها بحد أقصى ١٣٠ دولار (أسعار ١٩٧٦) فتوجد في أمريكا الشمالية منها أكثر من النصف قليلا في الولايات المتحدة الأمريكية .

ومن الأهمية بمكان أن نلاحظ أن أكثر من ٧٠٪ من المصادر يمتددها – في كل من الفصيلتين المذكورتين – يمكن استخراجها بسعر يقل عن ٧٨ دولار للكيلو جرام من اليورانيوم (أي ٣٠ دولار للرطل من أكسيد اليورانيوم بأسعار عام ١٩٧٦) وبالتالي فيمكن اعتبارها اقتصادية بينما أن عدم تساوي توزيع المصادر بين فصيلتي التكاليف يرجع جزئيا الى الطبيعة الجغرافية للمصادر المعروفة فيمكن إيعازها جزئيا كذلك الى نقص البيانات المتوفرة عن المصادر الخاصة بفصيلة التكلفة العالية .

ملاحظة :

الكميات الموجودة في المصادر يعبر عنها بالطن المترى أي الطن من معدن اليورانيوم وهو يساوي ٢٩٩٩ر١ طن قصير من أكسيد اليورانيوم أما الوحدة المستخدمة عالميا في تجارة اليورانيوم فهي الرطل من أكسيد اليورانيوم وعليه فإن الوحدة « ١ دولار لكل رطل » من أكسيد اليورانيوم تعادل ٢٩٩٩ دولار لكل كيلو جرام من اليورانيوم .

امكانات الحصول على اليورانيوم :

لكي نضع هذه التقديرات الخاصة بالمصادر المعروفة لليورانيوم في قالب مناسب فيجب ان نتزود بفكرة عامة عن مستويات الانتاج التي يمكن التعميل عليها فمثلا صناعة اليورانيوم العالمية انتجت عام ١٩٧٦ حوالي ٤٧٠٠٠ طن من اليورانيوم و٦٨٪ منها تأتي من أمريكا الشمالية أما مجمل الانتاج المتبقي فيأتي من ثلاثة دول أفريقية جنوب الصحراء . وكما هو مبين بالشكل (٣ - ٣) والانتاج - عام ١٩٧٧ - هو حوالي ٢٣ر٠٠٠ طن يورانيوم سنويا هذا بالمقارنة الى انتاج الذروة والذي بلغ عام ١٩٥٩ ما قيمته ٣٤ر٠٠٠ طن يورانيوم وتقدر السعة الانتاجية - عام ١٩٧٧ - بحوالي ٣٣ر٣٠٠ طن من اليورانيوم سنويا موزعة - لحد كبير - بين كل من أمريكا الشمالية وجنوب الصحراء الأفريقية . ومع ذلك فهناك تسهيلات انتاجية آخذة في التوسع كما يجري تخطيط واعداد حقول انتاجية أخرى المقرر لها في حالة استكمالها - أن تصل بالانتاج العالمي من اليورانيوم الى حوالي ٥٥١ر٠٠ طن سنويا .

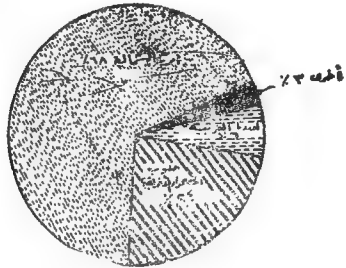
والمعتقد أن المصادر المعروفة ستكون قادرة على تدعيم أقصى مستوى للانتاج والذي سيقترب من ١١٠ر٠٠٠ طن سنويا عام ١٩٩٠ .

وكما هو مبين بالجدول رقم (٣ - ٤) .

جدول (٣ - ٤) تقديرات سعة الانتاج العالمي من اليورانيوم بالطن سنويا حتى ١٩٩٠ .

١٩٧٧	١٩٨٠	١٩٨٥	١٩٩٠	
٢٠٨٠٠	٢١٥٥٠	٤٨٥٠٠	٥٨٢٥٠	١ - أمريكا الشمالية
٢٥٦٠	٣٨٥٠	٥٩٤٠	٦٧٠٠	٢ - أوروبا الغربية
٤٣٠	٥٣٠	١١٠٣٠	٢٠٠٣٠	٣ - أستراليا واليابان
٢٣٠	١٠٧٠	١٩٩٠	٦٠٠	٧ - أمريكا اللاتينية
—	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٨ - الشرق الأوسط وشمال أفريقيا
٩٣١٠	١٨٠٠٠	٢٣٧٠٠	٢٣٢٠٠	٩ - جنوب الصحراء الأفريقية
—	٣٠	—	—	١٠ - شرق آسيا
—	—	—	—	١١ - جنوب آسيا
٢٣٣٣٠	٥٥١٣٠	٩١٢٦٠	١٠٨٨٨٠	الاجمالي العالمي

(شکل ۲-۳): ایتاج ایلانی لیورانیوم منقعات ۱۷۷۶



وهذا المستوى من الانتاج غير محتمل تجاوزه كثيرا دون تحديد مصادر جديدة للانتاج .

وهذه التقديرات للسعة الانتاجية المبينة بالجدول (٤ - ٤) هي عرضة لعدد من القيود فمنها: قيود طبيعية تحدد معدل امكانية استغلال أحد الرواسب المعنية أو هيوط مستوى أو استنفاد مصدر كل هذه القيود لا بد من ادخالها في الاعتبارات المستقبلية وهناك قيود أخرى - تم اخذها في بعض الحالات القليلة حيث معدلات الانتاج لبعض الدول غير المصدرة لليورانيوم وهي القيود التي تضعها حكوماتها وحيث يكون هناك القيود صريحة جدا في عمليات الاستخراج مثلما في السويد .

وهناك عدة أنواع أخرى من القيود والتي هي أكثر مراوغة وليس من السهل تحديدها والتي ربما تكون ذات أثر سلبي على مستقبل اليورانيوم .

والامراض القائمة بالنسبة لتوقيت استغلال اليورانيوم في استراليا (وجميع مشروعات استخراج اليورانيوم في استراليا معلقة حاليا وحسب معلومات الكاتب - حسب سياسة الحكومة هناك والتي ستأخذ في اعتبارها المتطلبات البيئية منه) على سبيل المثال يمكن أن تنبئ تفاؤلها أما بالنسبة لتوافر القوى البشرية والمعدات فقد تكون غير ملائمة وقد يترتب على ذلك زيادة في التأخير بسبب التعقيدات في الحصول على المتطلبات الروتينية .

وقد تكون عقود البيع التي تبرم مسبقا لبيع الكميات الأساسية مراوغة وتحتوى على بنود للتحويل .

كما أن التمويل المناسب قد لا يكون جاهزا والتوقعات المستقبلية المبينة بالجدول رقم (٣ - ٣) لا يجب النظر اليها على أنها أقصى مستويات للانتاج يمكن أن تصل اليها المصادر المعروفة .

المصادر غير التقليدية لليورانيوم :

المصادر الأساسية لليورانيوم في العالم هي المصادر « قليلة التكاليف » أى التي يمكن استخراج اليورانيوم منها بسعر لا يزيد عن ٧٨ دولار للكيلو جرام (بأسعار ١٩٧٦) وهذا يقابل كما ذكرنا سابقا - ٣٠ دولار للرطل من اكسيد اليورانيوم - حيث ان هذه المصادر هي المستهدفة في الوقت الحالى للاستغلال .

أما المصادر التي يتكلف استغلالها فيما بين ١٣٠ دولار و ٢٦٠ دولار للكيلو جرام من اليورانيوم بأسعار عام ١٩٧٦ (أى من ٥٠ دولار الى ١٠٠ دولار للرطل من أكسيد اليورانيوم) فقد حارت بعض الاهتمام لأسباب بعضها أكاديمية والبعض الآخر لأنها تمثل البدائل المتاحة فى الوقت الحالى فى حالة فشل استغلال المصادر التقليدية .

إضافة الى هذه المصادر باهظة التكلفة فهناك أنواع أخرى متعددة من العمليات التي يمكن بها استخراج اليورانيوم كنتاج ثانوى بعضها بدأ حديثا فى امداد كميات محدودة ولكنها معقولة لحد ما لصناعة اليورانيوم . وعلى سبيل المثال فيمكن استخراج اليورانيوم فى : -

- عملية انتاج حامض الفسفوريك وذلك من محاليل تولد داخل الرمال المتبقى من بعض خامات النحاس .

- من المونازيت Monazite الناتج من الصناعات التعدينية الثقيلة لرمال الشواطئ .

- كنتاج مشترك مع عدة عناصر أخرى فى « قواقع حجر الشب » بالسويد .

- كذلك أجريت الأبحاث والتحليل اللازمة لاصكائية استخراج اليورانيوم كنتاج أساسى من الصخور الفسفورية وصخور الجرانيت والفحم والليجنائيت وكذلك مياه البحر .

ووجه أنه على الرغم من هذه المصادر غير التقليدية ضئيلة جدا من حيث الحجم إلا أن مساهمتها فى امداد اليورانيوم فى معظم الحالات محدودة .

وتختلف المحددات (القيود) من حالة الى أخرى وتشمل هذه :

- النقص فى التكنولوجيا المتاحة فى الوقت الحالى .

- الارتفاع الباهظ فى تكلفة الانتاج حتى فى حالة اماكن التكنولوجيا المتاحة .

- الاعتماد التام على معدل الانتاج للنتائج الرئيسى أو الثانوى .

- فى كثير من الأحيان يكون المدى الشاسع لعملية التعدين اللازمة بالنسبة للمصادر ذات الرتبة أو النوعية المنخفضة جدا .

- المشاكل البيئية التي تصاحب عمليات الاستخراج .

ونظرا لهذه العوامل المختلفة والمتعددة فإن المتوقع أن هذه المصادر غير التقليدية ستكون قادرة على الاسهام فى الانتاج العالمى بكميات محدودة .

وفيما عدا اليورانيوم المنتج ثانويا أو المنتج من عملية انتاج مشترك فإن السعر المتوقع سيزيد كثيرا عن المذكور أعلاه بينما ستكون الكميات متبيلة جدا وتقدر فى حدود ١٠٠ الى ٣٠٠ طن يورانيوم سنويا .

المصادر غير المستكشفة لليورانيوم :

لم تيجز حتى الآن - وفى حدود معلومات الكاتب - تقديرات شاملة بالنسبة لليورانيوم غير المستكشف اللهم الا التقديرات التى أعدتها كل من وكالة الطاقة النووية (NEA) والوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) والحقيقة فإن الولايات المتحدة الأمريكية هى البلد الوحيد الذى قام بنشر تقديراته وأحدث هذه التقديرات هى مليون ونصف مليون طن من اليورانيوم هذا اضافة الى بعض الأطنان المقتصة بين المصادر شبه المؤكدة وتلك البيانات التقديرية للمصادر الاضافية أما بالنسبة لمعظم البلاد فإن الحاجة لامدادنا بافتراضات شاملة لمصادرها غير المستكشفة أصبحت حثيثة .

ولكن للأسف فإن المجهودات فى هذا الاتجاه عطلت وبشدة نتيجة لنقص المعلومات الجيولوجية والجيوكيماوية والجيوفيزيكية هذا اضافة الى أن الوسائل المتاحة لتقدير اليورانيوم غير المستكشف تكاد تكون فى مرحلة « الجنين » .

وإزاء حالة عدم وجود أساس شامل للبيانات فإن محاولات عديدة قد بذلت لتقدير مصادر العالم من اليورانيوم القابل للاستخراج والذى يستكشف بعد ذلك باستخدام نماذج محاكاة رياضية / احصائية .

والتقديرات المختلفة التى وردت تقارير بشأنها تتراوح ما بين ٨٠ الى ٢٨٠ مليون طن من اليورانيوم .

وعلى الرغم من أن نتائج هذه المحاولات تعتبر مشجعة الا أنها ليست نهائية وفى الحقيقة فإن الوسائل التقديرية التى تستخدم الطرق الرياضية / احصائية وخاصة تلك المبينة على أساس دورة العمر الانتاجية Life Cycle Production ومعدلات الاستكشاف لا يزال خبراء مصادر اليورانيوم يظنون إليها بتحفظ كبير فمثلا وبعد استخدام هذه النماذج لتقدير كمية اليورانيوم فى مصادر معروفة مسبقا - وسبق

استكشافها وذلك بالنسبة لمناطق العالم الجيولوجية - كانت النتيجة غير منطقية على الاطلاق حيث انتهت الى أن أمريكا الشمالية والتي تمثل مساحتها ١٧٪ فقط من مساحة اليابسة تقدر جميع المصادر فيها (أى مجموع شبه المؤكد والمصادر التقديرية ٥٨٪ من اجمالى المصادر المعروفة ٠٠) وهى نتيجة غير منطقية على الاطلاق .

وعلى الرغم من أن نشاطات استغلال اليورانيوم قد بدأت وحسب التقارير المروضة أمام لجنة مؤتمر الطاقة العالمى - فى نماين دولة الا أن عددا قليلا منها يمكن أن يقال عنها أنها مجهودات محسوسة والحقيقة أنه وربما باستثناء أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية لم يلق هذا الموضوع فى أى بقعة أخرى من العالم ما يستحقه من الاهتمام والمشكلة عامة ليست هى مشكلة وجود مصادر لليورانيوم انما هى مشكلة الحصول عليه وفقا للمقياس الزمنى المطلوب .

فسخول أو حتى الاقتراب من كثير من مناطق العالم المرغوب استكشاف اليورانيوم فيها تقيده أساسا نقص البنية الأساسية Infrastructure وفى أغلب الأحيان تحده اللوائح والنظم التى تسمح للأجانب بالاشتراك فى عمليات الاستكشاف والتنقيب .

علاوة على ذلك فإن تكنولوجيات استخراج اليورانيوم فى الوقت الحالى قد تثبت أنها غير ملائمة لأعمال استخراج رواسب اليورانيوم المتوتمة فى الأعماق .

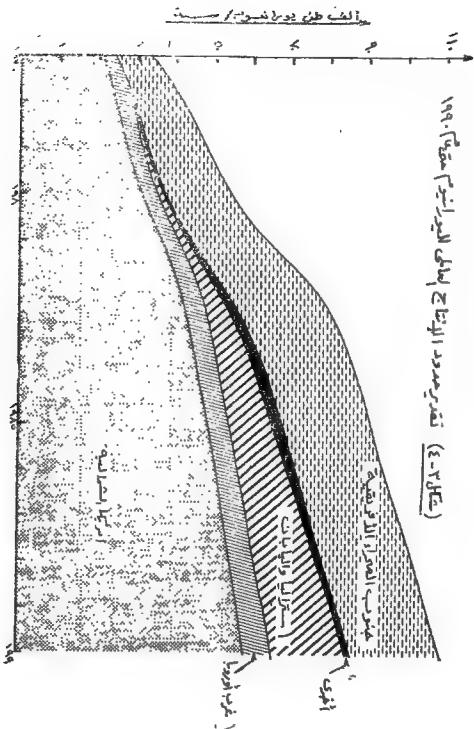
الاجراءات المطلوبة :

لا شك أن الأمر يتطلب مجهودات كبيرة حتى يمكن أن تصل كميات اليورانيوم التى يستحصل عليها من المصادر المعروفة الى المعدلات المبينة بالشكل رقم (٣ - ٤) .

وعلى الرغم من أن المصادر التى تحتاج اليها للوصول الى هذه الطاقة الانتاجية قد تم اكتشافها الى حد بعيد الا أن المطلوب المزيد من المجهودات لتحديد أو تخطيط تصور لهذه المصادر بالنسبة للمصادر التقديرية الاضافية .

ويجب التنويه هنا الى ان المتصور - لدى الخبراء - ان كميات

(شكل ٢-٤) تقدير حدود الإنتاج لمطابق للبيرو إسترينم حقيقة ١٩٩٠



الانتاج الضخمة والرئيسية والمتوقع أن تبدأ في الثمانينيات من هذا القرن ستكون أساساً من مصادر جديدة .

وثمة عدد من الوسائل لتصوير كمية المجهود التي سيحتاج العالم إليها للحصول على كمية اليورانيوم المطلوبة بما فيها اجراءات الطاقة والمعدات والمواد والقوى البشرية ولا شك فإن أهم عناصر التكلفة الأساسية هي تكاليف الاستكشاف والتطوير ومنشآت الحقل الانتاجي نفسه وتكاليف الانتاج اضافة الى التكاليف الاخرى المتعلقة باستخدام النقود أى معدل عائد الاستثمار .

والسعر الحالي لليورانيوم هو فى حصد ذاته يعتبر دافعا كاميا للمؤسسات الصناعية لاجراء المزيد من عمليات الاستكشاف لمصادر أخرى من اليورانيوم التقليدى " ومن الواضح أنه سيكون هناك عدد من التوقعات للأسعار وهذه تعتمد على الافتراضات المطبقة .

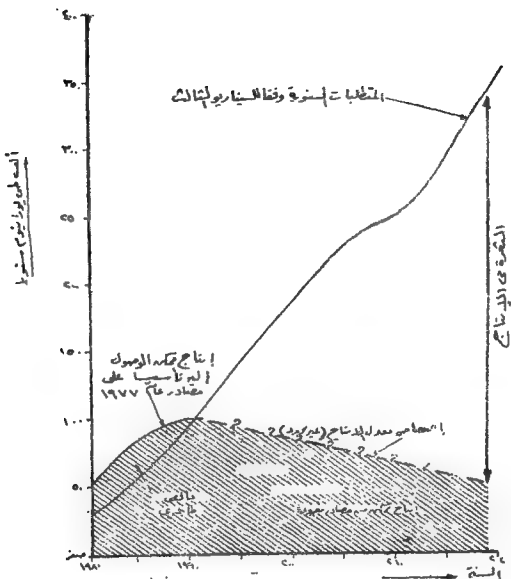
وبيّن الشكل (٥-٣) تصورا لمصادر اليورانيوم فى العالم من عام ١٩٨٠ حتى عام ٢٠٢٠ تأسيسا على السيناريو الثالث .

وسوف تقل معدلات الانتاج من المصادر المعروفة بعد عام ١٩٩٠ تقريبا نتيجة لنضوب المصادر فى بعض الرواسب وكذلك نتيجة لانخفاض خصوبة المناجم الى جانب الأسباب الأخرى وحتى مع امكانية تحقيق أقصى قدرة للانتاج تقلدربائة ألف طن من اليورانيوم سنويا مستخرجة من المصادر المعروفة فان ما يتبقى انتاجه من مصادر جديدة يقلدربحوالى ٣٠٠ و٠٠٠ طن سنويا ما بين عامى ١٩٩٠ ، ٢٠٠٠ .

وعلى الرغم من ان جزءا من الثروة فى الانتاج المبينة بالهشك (٥-٣) سوف يمكن مجابهتها من المصادر الاقل اقتصادا وذلك بتخفيض التكاليف ومن خلال التقدم التكنولوجى الا أن الجزء الأكبر من الاحتياجات الاضافيه يجب استكماله من انتاج مصادر جديدة .

والكمية الحقيقية من مصادر اليورانيوم والتي يتبقى استكشافها ستتغير بدرجات كبيرة معتمدة على درجة استكشاف وتطوير الرواسب من الاحجام والرتب المختلفة .

وبيّن الجدول رقم (٥-٣) متطلبات الاستكشاف لتغطية الحاجة السنوية للعالم من اليورانيوم حتى عام ٢٠٢٠ بافتراض السيناريو



(شكل ٣ - ٥) : تصور لشكلة مصادر اليورانيوم خلال الفترة من ١٩٨٠ حتى ٢٠٢٠

الثالث ومع خليط من نوعي التعدين السطحي وتحت الأرض بافتراض ان في المتوسط يلزم خمس سنوات كفترة زمنية لازمة ما بين استكشاف النجم وبده انتاجه فيقدر عدد الاستكشافات ب ٢٢٩ استكشافا جديدا يبلغ اجمالي قدرتها الانتاجية ب ٩٥ مليون طن من اليورانيوم وبتكاليف استكشاف - باسعار عام ١٩٧٦ تقدر بحوالي ٥٠ (خمسين) بليون دولار أمريكي .

اضافة الى هذا فان اجمالي الاستثمارات اللازمة انشطية مستلزما هذا الانتاج الجديد فقدرت ما بين ثلاثين وأربعين بليون دولار أمريكي .

جدول (٣ - ٥) : تصور لتطلّيات الاستكشاف لمقابلة الطلب العالمي السنوي من اليورانيوم
من عام ١٩٧٦ حتى عام ٢٠٢٠ بالتابع السيناريو الثالث

عدد الاستكشافات المطلوبة حتى عام ٢٠١٥	لو ان كل الانتاج الاضافي حتى عام ٢٠٢٠ يجب مواجهته بهذا من استكشاف المنجم وتشغيله بمزيج من التعدين السطحي وتحت الارض ممثلال :
١٢	حجم كبير - رتبة منخفضة - تكنيك الحفرة المفتوحة مثل روسنج - نامبيا
٧٨	حجم متوسط - رتبة متوسطة - مركز انتاج الحجر الرمل مثل نيومكسيكو الولايات المتحدة *
٨	حجم متوسط - رتبة متوسطة - مجم تحت الارض مثل اللوراد - كندا *
٦٠	حجم متوسط - رتبة متوسطة - مركز انتاج تحت الارض مثل اللوراد - وكندا *
٢٧	حجم كبير - رتبة عالية - تكنيك الحفرة المفتوحة مثل رانجر - استراليا *
١٤٤	حجم صغير - رتبة متوسطة - مركز انتاج حجر رملي مثل وايومنج - الولايات المتحدة *
٣٢٩	اجمالي الاستكشافات المطلوبة حتى عام ٢٠١٥

مصادر املائات الثوريوم :

تقدر المصادر العالمية لثوريوم والتي يمكن استخراجها بتكاليف معقولة (وهي ٣٠ دولار للرطل من ثاني اكسيد الثوريوم بأسعار عام ١٩٧٦) بحوالي ٦٣٠٠٠ طن نصفها تقريبا من المونازيت المتواجده في رواسب معدنية ثقيلة (تحوي معادن التيتانيوم والقصدير والزركونيوم) داخل رمال شاطئية بالهند وباقي المصادر توجد في : استراليا والبرازيل

وماليزيا والولايات المتحدة الأمريكية ويبلغ الانتاج العالمى حاليا من الثوريوم حوالى ٧٣٠ طن فقط جميعها كمنتج ثانوى لمركب المونازيت النادر .

ويمكن الوصول بالانتاج العالمى الى ٤٢٠٠ طن من الثوريوم باستخراجه كمنتج ثانوى من عمليات انتاج اليورانيوم فى كندا ومن مناجم النحاس فى أفريقيا وكذلك من مناجم المعادن النبيلة فى البرازيل ولكن مازال هنالك مصدر هام لانتاج الثوريوم كمنتج أساسى من الرواسب العرقية لصخور الثوريت Thorite بالولايات المتحدة الأمريكية .

التحسينات فى استغلال الوقود :

يحتاج العالم الى تطور تكنولوجى كبير للتقليل من الطلب على اليورانيوم بدرجة ملحوظة والمعروف لدى المتخصصين أن أقصى تخفيض ممكن - من الناحية النظرية - فى الطلب على اليورانيوم هو بنسبة ٣٥٪ ويمكن تحقيق ذلك باعادة دورة اليورانيوم والبلوتونيوم داخل مفاعلات الماء الخفيف بينما يمكن زيادة هذه النسبة الى ٥٠٪ فى مفاعلات الماء الثقيل ولا شك فإن مفتاح التقدم فى هذا المضمار هو استنباط دورات جديدة متقدمة للوقود النووى .

واستخدام دائرة وقود الثوريوم بالنسبة للمفاعلات الحرارية - ودائرة البلوتونيوم يورينيوم داخل مفاعلات التوالد السريع من شأنها التقليل أو التخفيض من متطلبات اليورانيوم ولكن هذا التخفيض يعتمد بالأساس على معدل تنمية النظام النووى وجميع دورات الوقود المتقدمة تتطلب ما على :

- إعادة استخدام الوقود .

- تصنيعها فعالا للوقود .

- تخزينها دائما للنفايات (المخلفات) .

هذا إضافة الى البداية والنهاية التقليدية لدورات الوقود وتعتبر عملية اثناء الوقود وإعادة استخدامه - لحد ما - هى عنق الزجاجة بالنسبة لتطوير المفاعلات النووية على نطاق تجارى وذلك بسبب طول الفترة الزمنية التى تحتاجها هذه العملية .

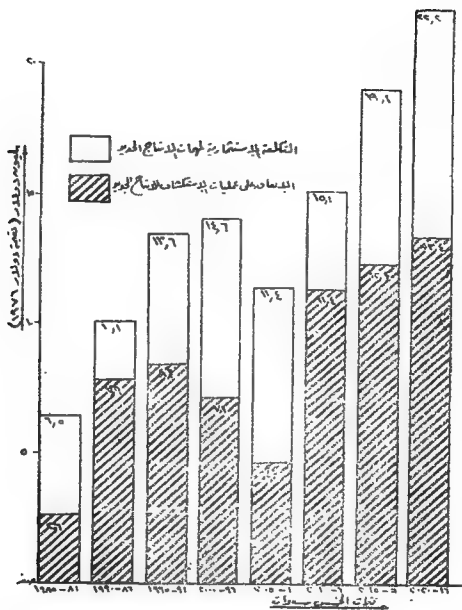
وتبين الجداول رقم (٣-٦) (٣-٧) وكذلك حسب تقدير للمتطلبات

السوية باعتبار الطم الاقتصادية التي كانت سائدة ، حتى عام ١٩٧٦
 متطلبات أعمال الفصل Separative Work Requirements وكذلك لأعمال
 إعادة استخدام الوقود •

وحدير بالذكر فان جميع أنواع المفاعلات - وهي بدران شك تحتاج
 الى المزيد من التطوير تبعاً لتطورات دورات الوقود وذلك باستثناء مفاعل
 الماء الثقيل والذي يمكنه استخدام دورة الثوريوم بتعديل طفيف - مازالت
 في طور التصميمات التجريبية وان كان أقربها للتطبيق هنا مفاعلات
 الحرارة العالية ومفاعلات التوالد السريع •

جدول (٣ - ٦) تقديرات للمتطلبات السوية التالية من أعمال فصل الوقود النووي مقيمة
 بالمليون كيلوجرام من وحدات أعمال الفصل :

سيناريو التنمية		دول منظمة التعاون الاقتصادي المناطق ١ - ٣		دول التخطيط الاقتصادي المركزي المناطق ٤ - ٥		بقية المناطق من ٦ الى ١١	
عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠
١٠٥	٣٦٠	٤٥	١٧٩	٢١	١١٠	١٠٥	٣٦٠
١٠٥	١٦٠	٤٥	١٣٠	٢١	١١٠	١٠٥	١٦٠
٩٠	١٠٣	٤٥	١٠٥	٢١	١١٠	٩٠	١٠٣
٩٠	٦٠	٤٥	٦٨	٢١	١١٠	٩٠	٦٠
٩٥	١٦٠	٤٧	١٢٨	—	—	٩٥	١٦٠



(شكل ٣ - ٦)

تكلفة الاقناني من عمليات الاستكشاف وكذلك اجمالي التكلفة الاستثمارية حسب سيناريو ٤

جدول (٣ - ٧) تقديرات من المتطلبات العالية السنوية من إعادة استخدام الوقود ملية بالآلاف ميجاجرام :

سيناريو التنمية		دول منظمة التعاون الاقتصادي المناطق ١ ← ٣		دول التخطيط الاقتصادي المركزي المناطق ٤ ← ٥	
عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠
السيناريو الأول	—	—	—	—	—
السيناريو الثاني	٢	٦٨	صفر	٥٦	—
السيناريو الثالث	١١	٥٣	٤	٣١	—
السيناريو الرابع	١٠	٣٥	٣	٣٠	—
السيناريو الخامس	١٣	٦٥	٥	٤٠	—

خلاصة وتعليق على وضع ومستقبل الطاقة النووية :

١ - بالنظر الى مستقبل مصادر الطاقة النووية فان تقديرات مصادر اليورانيوم وكذا متطلبات اثارته هي اقل التوقعات لعدة أسباب ليس أقلها ان مستقبل الطلب على الطاقة يعتبر متواضعا استنادا الى الواقع التاريخي له .

٢ - ان الفرض القائل بأن الطاقة النووية ستغطي في المتوسط ٥٠٪ من احتياجات الطاقة الكهربائية يؤدي الى تقديرات تشير الى ان قدرة المحطات النووية المنشأة ستكون أقل من معظم التقديرات الحديثة . هذا علاوة على ان التقديرات تأخذ في الاعتبار انتاج الطاقة الكهربائية فقط .

٣ - ان استخدام الطاقة النووية - كمصدر حرارى - يتوقع تطبيقها في بعض المجالات مثل التسخين المركزى وصناعة الصلب وانتاج الوقود الصناعى . وهذا بطبيعة الحال لا به من اضافته الى اجمالى الطلب على الطاقة النووية والسابق عرضه .

٤ - لعل من أهم العوامل التي من شأنها تخفيض المتطلب من اليورانيوم هو افتراض معدل تطور لدورات الوقود المتقدمة يعادل التطور

في المعاملات هسبها وربما يكون هذا الافتراض تفاؤليا حيث انه منند استخدام معاملات الماء الحقيق كان هنالك بعض الصناعات المعانة واللازمة كانت قائمة وعلى مستوى تجارى . وهذا الوضع ليس متوافرا بالنسبة لمعاملات التوالد السريع ودورات الوقود المتقدمة الأخرى .

٥ - مصادر اليورانيوم المعروفة الآن - باستثناء الولايات المتحدة الأمريكية - موزعة بين بلاد ليس فى مخططاتها برامج نووية ضخمة قبل عام ٢٠٠٠ وعلى العكس من ذلك فان المتنبأ به هو زيادة سريعة فى تنمية القدرة النووية بعد عام ٢٠٠٠ فى المناطق المتوقع استكشاف مصادر جديدة من اليورانيوم بها والتي من شأنها تأمين مصادره على المدى الطويل .

٦ - ازاء هذه المصادر الوفيرة والتي يمكن ان تؤمن احتياجات العالم من اليورانيوم على المدى الطويل ستجعل المشكلة ليست كما هى الآن مشكلة وجود المصادر بل ستصبح المشكلة فى الحصول على المصادر المطلوبة بزمان قياسي مناسب .

٧ - من بين العوامل المدينة والتي من شأنها زيادة تعقيد المشكلة ربما كان عامل الزمن هو أهمها . فبأحسن الفروض - وهو السيناريو الثالث - فسيكون مطلوبا من قطاع الصناعة ان يزيد من انتاجه خمسة عشر ضعفا خلال الفترة من ١٩٧٥ الى عام ٢٠٢٠ أى ٤٥ عاما مما يحتل معدل تنمية عالميا منخفضا باعتبار أن التنمية مطلوبة فى مناطق مختلفة خلال أزيمة مختلفة .

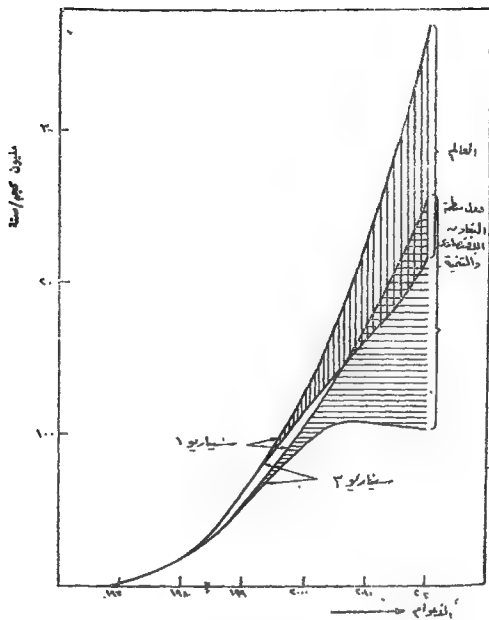
وفى الحقيقة يوجد قطاع آخر هو صناعة التعدين يتوقع له استكمال هذا العمل فى مثل هذه الفترة القصيرة حيث انه وبالنظر الى القيود المتزايدة والفترات الزمنية الطويلة بين استكشاف منجم جديد وبين تحقيق الانتاج فان فترة الخمسة وأربعين عاما تعتبر فترة قصيرة .

٨ - بدون استخدام دورات وقود متقدمة فيبدو انه سوف لا تتمكن الطاقة النووية بالوفاء بنسبة ٥٠٪ من احتياجات العالم من الطاقة الكهربائية .

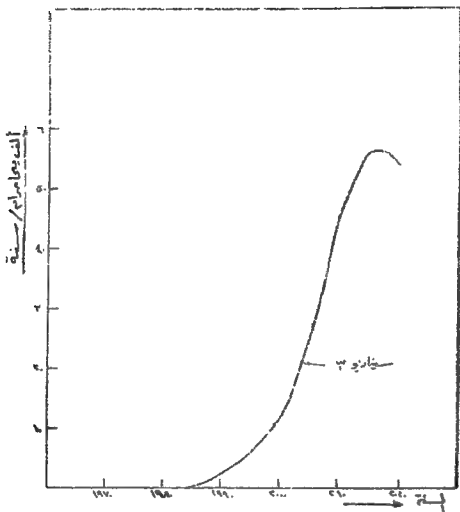
٩ - أهم ما يحده من استنباط دورات جديدة للوقود هو الحاجة الملحة الى صناعة ذات كفاءة عالية لاعادة استخدام الوقود . والحقيقة فان سنوات القرن الحادى والعشرين والتي تعقب نضوب مصادر البلوتونيوم الأصلية فان أثر ادخال تكنولوجيا مفاعلات التوالد السريع ستكون هامة ما لم تنخفض معدلات التنمية في الطاقة الكهربائية الى اقل من ٤٪ أو ٥٪

١٠ - على الرغم من أن المتوقع هو تزايد نسبة مشاركة الطاقة النووية في الوفاء باحتياجات العالم من الطاقة الكهربائية فالتوقع لها الا تتجاوز نسبة ٥٠٪ الى ٦٠٪ .

١١ - وأخيراً فان العالم في حثيث الحاجة الى اجراءات عاجلة لتطوير مصادره من اليورانيوم وكذلك تطوير التكنولوجيا النووية بشكل عام



(شكل ٣ - ٧) تأثير ادخال طاقات التوالد السريع على التطلعات السنوية
لاحتساب اليورانيوم



(شكل ٣ - أ) : إجمال المطلوب لدول منطقة التعاون الاقتصادي والتنمية
عند ادخال طافعات التوالد السريع

حول العالم مع الطاقة النووية

أولا : الطاقة النووية في أوروبا الغربية :

مما لا شك فيه أن هناك عوامل هامة تجعل هذه المنطقة من العالم تهتم بشدة بأن تزيد من اعتمادها على الطاقة النووية وهذه العوامل هي :

- أن هذه المنطقة مستورد كبير للمواد الخام .

- أنها ذات كثافة سكان عالية والتي أصبح لها مستوى معيشة مرتفع اكتسبته من تصدير البضائع المصنعة .

وهذان العاملان من شأنهما زيادة استهلاك الطاقة في كل من القطاعات المنزلية وقطاعات الصناعة وفي نفس الوقت أصبحت أوروبا الغربية تعتمد كثيرا على البترول المستورد .

ولقد بلغ حجم المستورد من مصادر الطاقة الأولية ما بين ٦٠٪ و ٧٠٪ من استخداماتها في هذه المنطقة . وتتجاوز بعض البلاد الصغيرة في هذه المنطقة هذه النسبة أحيانا .

وعلى الرغم من أن معظم هذه البلاد تستورد وقود اليورانيوم اللازم لتشغيل محطات الطاقة النووية إلا أن كلا من الصفر النسبي للكمية المطلوبة للتشغيل مع توافر مصادر هذا الوقود تجعل من تكنولوجيا الطاقة النووية عامل جذب كبير لاستخدامها كبديل للبترول في توليد الكهرباء بل على المدى الطويل يمكن استغلالها في التطبيقات الحرارية ومن ثم الاقلال من الاعتماد على البترول بينما كانت هذه العوامل هي الدافع الرئيسي وراء إنشاء عدد كبير من محطات ضخمة من محطات القوى النووية في أوروبا الغربية إلا أن الوضع بالنسبة لبلاد فيها منفردة أصبح أكثر

ذكرت الإحصائيات حتى نهاية عام ١٩٧٩ أن بالعام ١٣٣ محطة تعمل بالطاقة الذرية تحتوي على ٢٢٣ مفاعل . ويمرر الزمن في ٩٧ دولة .
والجدول رقم (٤ - ١) يبين توزيع مواقع المحطات والمفاعلات الذرية فضلا والتي في عدد الانشياء .

جدول رقم ٤ - ١ : توزيع عالمي لمحطات الطاقة الذرية

ملاحظات	في دور الانشياء				شغالة				القطر
	متوسط المفاعلة السنوية / كم ^٢	السعة الكلية ميجاوات	عدد المراكز الاجدية	شيرة تكميل المفاعل (سنة)	النسبة المئوية من توليد الكهرباء	السعة الكلية ميجاوات	عدد المراكز		
لغيت خطة انشاء مفاعلي بئس الورق سيعمل مفاعل توالسه سريع بقدرة ٣٠٠ م.و سنة ١٩٨٥	٢٣	١٨٤٤	١	-	-	-	-	جنوب افريقيا	
	١٩٤	٨٨٠	٢	٢٥	٠.٩	٨٠٤	٢	اليهند	
	٢١	٢٤٠	١	-	-	-	-	ايسرلان	
	٢٠٩	٥٦١٤	٣	٩٦	١١.٣	١٤٥٢٢	٩	ايسابان	
	٣٧٦	٢٠٣٤	٢	١	٩.٠	٥٦٤	١	كوريا	
	٩٥	-	-	٦	٥.٤	١٢٥	١	باكستان	
ينخطط لانشياء ٢٢٠ م.و. بئس الورق	١٥٥	٦٢٠	١	-	-	-	-	الغليبين	

الاج جدول (٤ - ١) الوضع المالي لمصالحات التزوية حتى نهاية ١٩٧١

ملاحظات	في دور الانتهاء			شعبة				القطر
	متوسط المطابقة السكانية	السمة الكلية	عدد الأوراق	خبرة من تشييد الماعل (سنة)	السمة المئوية	السمة الكلية	عدد المزارع	
لحد جامعة - التجميل موقوف خطبة المطابقة في انتظار انجاز المزارع المسكوني . خطط حتى ٧٧٠٠ م و عام ١٩٩٠ مخطط حتى ١١٢٠٠٠ م و عام ١٩٩٠ ١٢ ماعلا قدرتها ١٥٠٠٠ م و موقوفة قضائيا موقع مزيد من الموقد خلال عامين يخطط لتزكيب ٢٥٢٠ م و . يخطط حتى ٥٧٠٠ م و حتى عام ١٩٩٠ ١٠ ماعلات قدرتها ١٠٠٠٠ م و . تستلزم مستهدف ٤٠٪ من المطابقة الكورباهية عام ٨٥	٩٧	٤٣٢٠	٢	١	١٠٣	٦٠٤	١	تايموان
	٩٠	٦٩٢	١	-	-	-	-	المنسبا
	٣٢٢	٤٠٠٠	-	٢٢	٢٣	١٧٥٠	٢	بانجيكسا
	٧٩	٨٨٠	-	٨	١٩٨	٨٨٠	١	بفساريا
	١١٨	١٧١٠	١	٧	٠٢	١١٠	١	تشيكرسلوفاكيا
	٢٤٧	١٢٩٠٠	٧	١٠١	١١	٩٣٠٠	١٠	المانيا الاتحادية
	١٤	١١٥٠	-	٢	١٠	١١٥٠	٢	فنلندا
	١٥٥	٢٢٠٠	١	٢٢	٥٧	١٣٢٠	١	المانيا المديرة المطبة
١٩٩٠ مخطط حتى ٥٧٠٠ م و حتى عام ١٩٩٠ ١٠ ماعلات قدرتها ١٠٠٠٠ م و . تستلزم مستهدف ٤٠٪ من المطابقة الكورباهية عام ٨٥	١١٥	٨٨٠	١	-	-	-	-	البحر
	١٨٨	٢٠٠٠	٢	٤٦	٥	١٥٠٠	٤	إيطاليا
	٩٧	٣٣٠٠٠	١٠	١١١	١٣	٧٨٠٠	٨	فرنسا

تقييدا نتيجة للاعتبارات السياسية والسياسية والجمهورية داخلها والتي جعلت الغلبة فيها للاعتبارات القومية وذلك على الرغم من محاولات الهيئات والوكالات الدولية مثل وكالة الطاقة الدولية لمنظمة دول التعاون الاقتصادي والتنمية .

وستستعرض سريعا للوضع داخل كل دولة على حدة من دول هذه المنطقة :

١ - المملكة المتحدة

كان لهذه الدولة شرف تنفيذ أول برنامج للطاقة النووية على نطاق تجارى في أواسط الخمسينيات من هذا القرن . ولقد جاء هذا التطور - الى حد ما - كنتيجة لازمة السويس . وكان البرنامج النووى البريطانى يعتمد على ما يسمى بمفاعلات « ماجنوكس » (Magnox) وهى مفاعلات تعمل بوقود اليورانيوم الطبيعى وتبرد بالغاز وتستخدم الجرافيت كعازل .

والحقيقة فقد كانت هناك عوامل سياسية مشجعة أول الأمر لهذا البلد كأول من اقترح هذا المجال تجاريا على الرغم من تكاليف المحطات الباهظة بالمقارنة بمحطات الفحم مثلا . وبعد أزمة السويس قطع البرنامج النووى وعادت المملكة المتحدة الى محطات توليد الكهرباء التى تعمل بالمازوت على أساس انها أرخص تكلفة لكل وحدة انتاج (ك.و.س) ولقد قدمت - وما زالت تقدم المحطات النووية التى تعمل بمفاعلات « ماجنوكس » دليلا على انه يمكن الاعتماد عليها بدرجة كبيرة كمولد اقتصادى للكهرباء .

وحتى قبل أزمة البترول عام ١٩٧٣ كانت محطات توليد الطاقة النووية تسجل كل يوم تخفيضا فى تكلفة انتاج الكهرباء عن ما عداها من المحطات الحرارية مثل التى تعمل بالمازوت أو الفحم وتقوم حاليا محطات « ماجنوكس » بتغطية ما يتراوح من ١٠٪ الى ١٢٪ من حاجة المملكة المتحدة من الطاقة الكهربائية وتكاليف تصل الى نصف تكاليف نظيراتها من المحطات التى تعمل بالمازوت أو ثلثي نظيرتها التى تعمل بالفحم حتى ان كثيرين من البريطانيين أصبحوا يتساءلون : لماذا لم نبين عددا أكبر منها قبلا ؟

ولكن قبل الادلاء بهذا الاعتراف بالفضل الذى حققته محطات « ماجنوكس » كان قد تم وضع وكذلك البدء فى برنامج نووى ثان يعتمد على مفاعلات أكثر تطورا وتبرد بالغاز وتغذى بوقود من أكسيد اليورانيوم الغنى وبطبيعة الحال كان هنالك حماس مبكر لهذا التطور الذى كان

منافسا كبيرا للتصميم الأمريكي لمفاعلات الماء الحفيف والتي بدت تغزو السوق العالمي لمحطات الطاقة النووية .

الا انه يحتم علينا ان نقر هنا الى ان استخدام « المفاعل المتطور والذي يبرد بالغاز » أدى الى مشاكل فنية معقدة ظهرت أثناء عملية الانشاء حتى ان المفاعلات الثانية والتي أقيمت في أربعة مواقع والتي بدأ انشاؤها منذ أكثر من ثلاثة عشر سنة (عام ١٩٦٩) لم يبدأ تشغيلها فقط الا منذ ثلاث سنوات فقط (عام ١٩٧٩) وحتى هذه لا يتوقع لها المراقبون ان تحقق نجاحا أكثر مما حققت مفاعلات « ماجنوكس » وهذا وقد تضمن البرنامج الثاني انشاء ستة مفاعلات موزعة على موقعين لتشغيلها في منتصف الثمانينات .

وبالإضافة الى مشاكل التركيبات التي تقابل انشاء مفاعلات التبريد بالغاز فلعل أهم مشكلة تقلق بال المسئولين عن صناعة المفاعلات النووية البريطانية هي المشكلة المزمنة وهي « اختيار مستقبل نظم المفاعلات » حيثلا هنالك حزب قوى يجذب التحول الى مفاعلات الماء المضغوط .

وبنهاية عام ١٩٧٧ صرحت الحكومة البريطانية - وبعد تردد - بإجراء دراسة تصميمية لمفاعلات الماء المضغوط الأمريكية والألمانية . ويمكن ان يؤدي ذلك الى اقامة مشروع « تعليمي » هذا العام (١٩٨٢) .

ولكن كانت تلك الضربة القاضية للصناعة النووية البريطانية في نهاية الستينات وهي انعكاس اتجاه التنمية المتوقعة للطلب على الطاقة الكهربائية والتي لم يكن من الممكن التنبؤ بها في الخمسينات أو أوائل الستينات من هذا القرن .

ولعل من اسباب هذه التطور ما يأتي :

- اكتشاف احتياطات كبيرة من الغاز الطبيعي أسفل بحر الشمال واستخدام هذا الوقود للاستهلاك المنزلي وكان سعر هذا الغاز من الضالة الى حد هدد بتوقف استخدام الوقود النووي والفحم وكذلك برامج ترشيد الطاقة في نفس الوقت أصيب الاقتصاد البريطاني بنكسة كان من شأنها الابطاء من معدلات التنمية بأكثر مما كان متوقعا وحتى قبل أزمة البترول في الشرق الأوسط .

- حيث ان المملكة المتحدة تمتلك احتياطات هائلة من الفحم . وعلى الرغم من أن تعدينه باهظ التكاليف الا أن جماعة الضغط السياسي من رجال الفحم تمكنوا من الضغط على الحكومة البريطانية لزيادة استخدام الفحم بحرقه في محطات توليد القوى الكهربائية وأخيرا فان اكتشاف البترول (علاوة على الغاز الطبيعي السابق ذكره) أسفل بحر الشمال

وأمل البريطانيون في الاكتفاء الفدائي منه خلال الثمانينات في هذا القرن أحدث بهجة كبيرة لدى الشعب كان من أثرها أن أجل السياسيون اتخذ قرارات هامة في السياسة طويلة الأجل ومن ثم فلم يتخذ قرار بشأن المضي قدما لانشاء مفاعل توالد سريع تجريبي في المرحلة التالية من تطور التكنولوجيا النووية .

ورغم كل هذه الظروف الا ان المملكة المتحدة ظلت في مقدمة الدول في مجال التكنولوجيا النووية وخاصة فيما يتعلق بأبحاث وصناعة دورات الوقود النووي .

٣ - فرنسا :

بدأ البرنامج النووي الفرنسي بمفاعلات اليورانيوم الطبيعي التي تبرد بالغاز وتستخدم الجرافيت كمهدئ شاتها في ذلك شأن المملكة المتحدة ولكن بحجم أصغر .

وعمرت صناعة الطاقة النووية الفرنسية - كما فعلت البريطانية - بنفس مرحلة « المشكلة الإيديلة لاختيار مستقبل نظم المفاعلات » ولكن مع اختلاف النتائج فقد كان التحول الى صناعة مفاعلات الماء الخفيف في منتصف الستينيات من هذا القرن وتكونت مجموعة من رجال الصناعة أطلقت على نفسها اسم Framatome لصناعة مفاعلات الماء المضغوط بتصريح من شركة وستنجهلوس الأمريكية .

وعند نشوء أزمة النفط بالشرق الأوسط كانت امكانات التصميم والصناعة والتركيب من القوة بحيث مكنت الحكومة من اعتماد برنامج لبناء محطات القوى النووية للتخفيف من اعتماد البلاد على البترول المستورد . ومن ثم أصبح لفرنسا برنامج للطاقة النووية يضمها في مقدمة الدول الغربية في هذا المضمار .

وإجريت فعلا تعاقدات لبناء محطات بمعدل ٥٠٠٠ (خمسة آلاف) ميجاوات كهربى سنويا بهدف تغطية ٤٠٪ من انتاج الكهرباء بالطاقة النووية عام ١٩٨٥ .

واللائت للنظر في البرنامج النووي الفرنسى هو الأخذ بنظام « تصميم الوحدة الميارية أو الجاهزة » اعتمادا على التصور الأمريكى والذي أثبت نجاحه .

ولقد استفاد الفرنسيون أقصى استفادة من تركيب أربعة مفاعلات متماثلة من مفاعلات الماء المضغوط - تركيب على مراحل زمنية - فى كل محطة قوى فى أنحاء البلاد وأمكن من خلال تنافس ادارات المشاريع أن تختصر فترة التركيبات الى خمسة أعوام ونصف العام فقط .

وعلى الرغم من هذا فقد وجهت انتقادات لما تم انجازه باعتبار انه يمكن اختصار فترة زمنية تتراوح ما بين ثمانية عشر الى اربعة وعشرين شهرا .

ويجب ان ننوه هنا الى ان أحداث ايران - والتي بدأت اواخر عام ١٩٧٨ قد أثرت بالسلب على هذا البرنامج حيث ألغت عقودا لبناء أربع وحدات مما جعل الفرنسيين يتخوفون من تصدير مفاعلات الطاقة النووية ويعتبرونها مغامرة مالية كبيرة .

وقد يتساءل الفرد هنا « هل هنالك علاقة بين إلغاء هذه العقود وضرب المفاعل النووي بالعراق بعد ذلك » ؟

ويجانب اختيار تصميم ميعارى (وحدات جاهزة) لانتاج محطات قوى على نطاق تجارى فقد توجهت الاهتمامات البحثية فى فرنسا لتنفيذ برنامج مواز لتطوير مفاعل التوالد السريع . وفعلًا تم انشاء مفاعل تجريبى « مفاعل فينكس » ذى قدرة تصميمية ٢٥٠ ميجاوات كهربى ويعمل منذ عام ١٩٧٣ بكفاءة ونجاح أكثر من نظائره فى كل من المملكة المتحدة والاتحاد السوفيتى .

ولا شك فان الدروس المستفادة من انشاء هذا المفاعل كان لها أثرها الايجابى عند تصميم المفاعل الفرنسى « سوبر فينكس » الذى تعزم فرنسا انتاجه على نطاق تجارى وبسعة تصميمية ١٢٠٠ ميجاوات كهربى والذى تخطط لبدء تشغيله خلال عام ١٩٨٣ .

ويتوقع ان تكون تكلفة توليد الطاقة الكهربائية من مفاعلات « سوبر فينكس » بشكل عام مماثلة للتكلفة من محطات المازوت والنفط بفرنسا الا انها ما زالت عالية بالنسبة لتكلفة التوليد من محطات مفاعلات الماء المضغوط . وفرنسا تعتبر نفسها ملتزمة ببرنامج مفاعلات التوالد السريع لما تقدمه من مزايا خفض استهلاك اليورانيوم وما يقلل من المخاطر السياسية التى قد تنجم يوما ما - من الاعتماد على السوق العالمى لليورانيوم حيث لا تكفى احتياطات فرنسا المتواضعة منه لتغطية احتياجاتها المطلوبة فى حالة استخدام المفاعلات الحرارية وعلى العكس من ذلك فيمكن لها ان تحقق اكتفاء ذاتيا من اليورانيوم يكفيها حتى نهاية القرن القادم فى حالة استخدامها مفاعلات التوالد السريع اضافة الى ما سبق فجدير بالذكر ان من ملامح البرنامج النووى الفرنسى هو المضى قدما فى الطريق الوعر ألا وهو طريق تطوير دورات الوقود النووى .

٣ - ألمانيا الاتحادية :

على الرغم من تأخر البرنامج النووى لألمانيا الاتحادية عن كل من

فرنسا والمملكة المتحدة نتيجة للقيود التي فرضت عليها بمعاهدات ما بعد الحرب العالمية الثانية إلا أنها تمكنت من تعويض هذا التأخر الزمنى حتى أن الجودة التقنية لصناعة الطاقة النووية الألمانية لا تقل عن أى بلد فى العالم . وكان أحد أسباب التقدم الذى أحرزته فى مجال الإنتاج التجارى لهذه الصناعة هو الاستفادة والتعلم من أخطاء الغير . ومن ناحية أخرى حاجة البلاد الملحة لمصدر جديد للطاقة لتدعيم اقتصادى فى مرحلة الستينات من هذا القرن .

وعلى الرغم من أزمة النفط عام ١٩٧٣ وأثرها فى تأخير - أو إبطاء - معدلات التنمية فى البلاد إلا أن المسئولين كانوا يدركون دافعا مدي الحاجة إلى الطاقة النووية لإدارة عجلة اقتصاد البلاد . فباستثناء الفحم وما يتبعه من متاعب فليس لهذه البلاد مصادر محلية أخرى للطاقة .

وعلى العكس من النظام الاقتصادى البريطانى والفرنسى والذى فيهما تمتلك الدولة المؤسسات الإنتاجية للطاقة النووية وعددا كبيرا من هيئات الأبحاث والتطوير يسيطر القطاع الخاص فى ألمانيا الاتحادية على مراحل التطوير النووى على كل من مستوى الصناعة أو مستوى مؤسسات التشغيل . ولكن ليس المقصود من هذا أن نقول أن حكومة ألمانيا الاتحادية أطلقت يد القطاع الخاص فى هذا المجال بل المقصود هو أنه يلعب دورا رئيسيا فى تحديد الاتجاه العام للبرنامج النووى من خلال توجيه الاستثمارات اللازمة للتطوير .

وفى البداية قامت أكبر شركتين للكهرباء فى ألمانيا الاتحادية بشراء تراخيص من الشركات الأمريكية لصناعة كل من مفاعلات الماء المضغوط وكذلك مفاعلات الماء المغلى وقامت ببيع عدد من محطات توليد الطاقة النووية باستخدام هذين النوعين وبأسعار منافسة . ثم انبثق منها فيما بعد هيئة واحدة أطلق عليها Kraftwerk Union وقامت بتطوير تصميماتها عن التصور الأصلى الأمريكى لمفاعلات الماء المضغوط . وقامت هذه الهيئة الجديدة بتغطية كل احتياجات السوق الألمانى من مفاعلات الماء المضغوط بمتوسط قدرة تصميمية تبلغ ١٣٠٠ ميجاوات كهربى ولتى ثبت نجاحها . هذا بالإضافة إلى تصنيع مفاعلات الماء المغلى .

وعلى جانب آخر قامت مجموعة صناعية لتنافس الهيئة باشتراك كل من شركة براون بوفير الكهربائية السويسرية وشركة بابكوك اندريكوكس ثم قامت هذه الأخيرة بعد ذلك - ببيع تصميمها إلى شركة براون بوفيزى . ونتيجة للعقبات السياسية داخل ألمانيا الاتحادية - ونشوء تيار معارض لتنفيذ البرنامج النووى واللجوء أحيانا إلى ساحات القضاء لحل المنازعات بين الاتجاهات المؤيدة وتلك المعارضة للاستخدامات السلمية للطاقة

النووية - ان صدر قانون عام ١٩٧٦ يحظر اعطه تراخيص لأي مؤسسة لتتركيب محطات قوى نووية قبل أن تقدم هذه المؤسسة مستندات التي تبين كيفية معاملتها للوقود النووي وكيفية التخلص الآمن للنفايات . ولتحقيق هذا الشرط قامت مؤسسات الكهرباء والتي تقوم بتشغيل محطات القوى النووية بالمساهمة في تأسيس شركة تعرف « بالشركة الألمانية لإعادة استخدام الوقود النووي ويرمز لها بالحروف (DWK) وتقوم هذه الشركة بتخطيط مركز متكامل يقوم بالتخزين المرحلي (المؤقت) للوقود المستهلك وكذلك إعادة تجهيز الوقود النووي على مستوى تجارى . ثم المعالجة النهائية للنفايات النووية ودفنه داخل قبو ملحي مستقر وعلى عمق كاف تحت هذا المركز .

أما بالنسبة لبرامج انتاج مفاعلات التوالد السريع فنتيجة للصرعات السياسية ومناوأة بعض الأحزاب بتوجيه الجهد نحو برامج ترشيد الطاقة واستخدام الفحم مع التوسع المذر في مجال استخدام الطاقة النووية نتيجة لكل هذه العوامل فقد بدأت ألمانيا الاتحادية مؤخرا - في أواخر عام ١٩٧٨ - بانتاج مفاعل تجريبى قدرته ٣٠٠ ميجاوات كهربى وبتعاون بين البلجيكيين والألمان في مقاطعة كالكار Kalkar .

٤ - السويد :

هناك امكانيات كبيرة للصناعة النووية في السويد تعتمد بالاساس على تصميمات ناجحة لمفاعل الماء المغلي وقد تم تطوير هذا النظام مستقلا عن أى تراخيص خارجية وقد حققت السويد نجاحا عالميا بتوفيرها لبيع محطة قوى نووية مكونة من وحدتين الى فنلندا .

وفى عام ١٩٧٥ أقدمت السويد على برنامج نووى طموح يستهدف الوفاء بمتطلبات الطاقة الكهربائية المتزايدة وخاصة وانه قد تم استقلال كل المواقع الملائمة لتوليد الطاقة المائية .

ولكن مع ارتفاع مستوى المعيشة ومعدل استهلاك الفرد من الطاقة كان هناك - كما هو الحال في ألمانيا الاتحادية - رد فعل ضد المجتمع للمادى المتزايد ، ومن ثم نشوء حركة تمارض التطوير النووى .

وقد أجريت في السويد - نتيجة لصدور قانون مشابه للقانون الألماني الذى صدر عام ١٩٧٦ - دراسات خاصة للتخلص من النفايات المشعة واهتمت الى خطة تعتمد على تقرير النفايات داخل خنادق زبلية والتي قد تضى ٣٥٠٠ سنة قبل أن تتحلل . ثم تغلف القوارير الزجاجية داخل

كابسولة مكونة من التيتانيوم والرصاص والتي يمكنها ان تظل متماسكة لبضعة آلاف من السنين . تم توضيح الكابسولة داخل طبقة حاجزة (واقية) من الخرسانة وهذه يمكنها ان تظل متماسكة لعشرات الآلاف من السنين وأخيرا تدفن على عمق كبير في أرضية في منطقة من صخور الجرانيت .

٥ - إيطاليا :

اعترف معظم المخططين الايطاليين بحتمية الطاقة النووية كما أكدت ذلك مرارا مؤسسة الكهرباء والتي تمتلكها الحكومة . فالبلاد ليس لها موارد محلية من مصادر الطاقة الأولية باستثناء مصادر كهرومائية محدودة في شمال البلاد مع بعض المصادر للطاقة غير التقليدية من حرارة بطن الأرض Geothermal Energy في وسط شبه الجزيرة الايطالية ولكن المتاعب السياسية كذلك منعت تنفيذ برنامج نووي طويل الأجل .

وفي أواسط الستينات كان ترتيب إيطاليا الثالث بعد كل من المملكة المتحدة وفرنسا في انتاج الكهرباء بالطاقة النووية وكان لها ثلاث محطات نووية لتوليد الطاقة الأولى تستخدم مفاعلات تبرد بالغاز والثانية تستخدم مفاعلات الماء المضغوط أما الثالثة فتستخدم مفاعلات الماء المغلي ثم تم بعد ذلك بناء محطة رابطة تستخدم مفاعلات الماء المغلي وبدأ انتاجها فعلا عام ١٩٧٧ وكانت آخر محاولة لوضع برنامج نووي قومي طويل الأجل وحاز موافقة البرلمان الايطالي كان في أواخر عام ١٩٧٧ وهذا البرنامج يخطئ لانشاء محطات قوى نووية يبلغ اجمالي سعتها ١٢١٠٠ ميجاوات كهربى من مفاعلات الماء الخفيف بحيث يبدأ انتاجها خلال الثمانينات ويضاف اليها مفاعلات للواء الثقيل تبلغ سعة كل منها ٦٠٠ ميجاوات كهربى ومثل إيطاليا مثل بقية مجموعة دول غرب أوروبا فقد قامت معارضة عنيفة ضد البرامج النووية ولكن على الرغم من الحالة المشوشة - أو غير المنتظمة - للبرنامج القومى للطاقة الا ان هيئات ومؤسسات البحوث والتطوير وكذلك رجال الصناعة الإيطالية قد قاموا بجهود مكثف في مجال التكنولوجيا النووية وكان ذلك - الى حد كبير - من خلال المساهمة في عدد من المشروعات متعددة الجنسية وعلى وجه الخصوص مشروع « سوبر فينكس » الفرنسى لمفاعل التوالد .

السريع وكذلك محطة ايروديف لعمليات اثراء اليورانيوم في فرنسا وكذا من خلال امداد المكونات الأساسية لمحطات القوى النووية في بلاد أخرى .

٦ - فنلندا :

دخلت فنلندا مجال الطاقة النووية بمفاعلين من نوع الماء المضغوط قام بتوريدهما الاتحاد السوفيتي بشروط مالية ميسرة وقد صممت المحطات طبقا لفلسفة الأمان الغربية أى ان كل مفاعل له مبنى حاو Containment Building وفقا للتصميم الأمريكى . وكذلك تتضمن المحطة عددا كبيرا من المكونات المصنعة داخل فنلندا وبلاد أوروبية غربية وتقوم بإدارة المحطة مؤسسة حكومية .

وقد تم بناء محطة ثانية لمؤسسة قطاع حاص بها مفاعلان من نوع الماء المثل قامت بتوريدهما السويد وهنـه تعمل حاليا .

وعلى الرغم مما يجرى فى الوقت الحالى ليس هنالك حاجة ملحة للتوسع فى البرنامج النووى فى فنلندا وذلك لانخفاض معدل الزيادة فى الطلب على الطاقة الكهربائية الا انه يجرى حاليا دراسة شراء مفاعل صوفيتى قدرته ١٠٠٠ ميجاوات كهربى كما انه يوجد اهتمام بمشروعات الطاقة النووية لأغراض التسخين وذلك للتخفيف من الاعتماد على البترول المستورد .

٧ - هولندا والمانمارك والترويج :

تشارك هذه البلاد فى انها كانت تمنى مما يسمى « بفترة اعاقه لاتخاذ قرار رسمى » لانشاء محطات للطاقة النووية فهولندا مثلا قامت بتركيب مفاعل تجريبى صغير وآخر تجارى قامت بتوريدهما ألمانيا الاتحادية والمفاعلان يعملان حاليا بصورة مرضية ولكن هناك مقترحات بانشاء أربعة مفاعلات أخرى قدرة كل منها ١٠٠٠ ميجاوات كهربى كانت دائما توضع على الرف خلال السنوات القليلة الماضية .

كذلك الحال بالنسبة للمانمارك فقد أجلت أكثر من مرة اتخاذ قرار بشأن مقترحات لبناء أول محطة نووية بها على الرغم من وضعها الحاد والمبنى أساسا على استيراد الطاقة . وفى الترويج فان اكتشف البترول تحت سطح البحر فى المياه الإقليمية للترويج جعل الحكومة تصرف النظر عن اتخاذ قرار بشأن ادخال الطاقة النووية فى البلاد الطاقة ولكن الدراسات البعيدة المدى أشارت الى الميل بشكل عام لاستخدام النووية فى توليد الكهرباء .

٨ - بلجيكا :

على الرغم من الحاجة الى الاستقرار الحكومى فى بلجيكا والذي كان

له اثره السلبى على برامج الطاقة النووية فيها الا أنه - وعلى النقيض من إيطاليا - استطاعت المؤسسات الصناعية الخاصة من الاندفاع قدما لانشاء محطات قوى نووية حتى ليقال انه حاليا تغطى الطاقة النووية نسبة عالية من احتياجات الكهرباء فيها وهذه النسبة تفرق أى بلد آخر فى العالم . وعلى الرغم من أن هنالك بعض المعارضة لانتاج الطاقة النووية الا انه يبدو ان السائد هو قبول الشعب بحتمتها . وبلجيكا ليس لها موارد محلية من الطاقة ويحظى البرنامج القومى للطاقة والذي يتضمن التوسع فى استخدام الطاقة النووية - بتأييد معظم رجال السياسة فى الحكومة ولكن العقبة الرئيسية فى تنفيذ البرنامج هى عدم توافر المواقع المناسبة لانشاء هذه المحطات فيجانب ان بلجيكا ذات كثافة سكانية عالية جدا الا انها تفتقر الى الانهار . فليس فيها الا عدد قليل والتي يمكن ان تفى باحتياجات مياه التبريد كما انه ليس لها سوى شريط ساحلى قصير جدا . ومع ذلك فهناك امكانية واحدة تغطى بالاهتمام وهى اختيار مواقع للمحطات النووية داخل جزر صناعية تنشأ داخل المياه الساحلية الضحلة .

٩ - اسبانيا :

اقيمت اسبانيا - فى اوائل السبعينيات - على برنامج طموح لاستخدامات الطاقة النووية يستهدف تغطية جزء كبير من احتياجات البلاد المتزايدة من الطاقة الكهربائيية وبالأصـرار على زيادة النسبة المئوية من المكونات الاسبانية عند اجراء تعاقدات المحطات النووية مع الشركات الامريكية والالمانية فتقوم البلاد ببناء قدرتها الذاتية من الهندسة النووية . وعلى الرغم من الركود النسبى فى عمليات انشاء المحطات النووية خلال عامى ١٩٧٨ ، ١٩٧٩ ، نتيجة لانخفاض نسبة الطلب على الطاقة الكهربائية الا انه مازال البرنامج النووى يحظى بتأييد السياسيين فى البلاد .

لكن اسبانيا تعاني كذلك من المعارضة بل المظاهرات العنيفة ضد برامج الطاقة النووية

والاعمال الرهيبة ضد مؤسساتها والتي تتسبب فى حوادث وفاة واصابات كثيرة أو اضرار خطيرة والتي كانت وراءها دائما حركة المعارضة والتي كان يحرص عليها أعضاء حركة اقليم الباسك الانفصالية .

١٠ - إيرلندا :

تعتبر جمهورية أيرلندا من أسرع دول أوروبا الغربية من حيث معدل

الطاقة = ١٩٣

النمو الاقتصادى فيها • وتأخذ الحكومة فى عين الاعتبار كيفية مواجهة الزيادة الكبيرة فى الطلب على الطاقة الكهربائية فيستخدم الفحم المستورد لإدارة محطتين جديدتين إلا أنه يوجد حالياً فى الخطة تنفيذ أول مشروع لبناء محطة قوى قدرتها ٦٠٠ ميجاوات كهربى •

١١ - سويسرا :

هناك معارضة داخلية لاستمرار تشغيل المحطات النووية الثلاثة القائمة أصلاً والتي عملت بصورة طيبة خلال الأعوام الماضية من نشأتها •

لانيا : الطاقة النووية فى اوروبا الشرقية

قام الاتحاد السوفيتى ودول الكتلة الشرقية بوضع مخطط لبرنامج نووى من الضخامة بحيث تشكك المراقبون فى امكانية تحقيقه • فالهدف من هذا البرنامج هو انشاء محطات يصل مجموع قدراتها الى ١٥٠ جيجا وات عام ١٩٩٠ ويمكن تقييم مدى طموح هذا البرنامج قياساً على الهدف السابق وهو انشاء محطات يصل مجموع قدراتها الى ٣٠ جيجا وات عام ١٩٨٠ • أما اجمالى المحطات الصاملة وحتى عام ١٩٧٩ فحوالى ١٦ محاوات •

وقد اعتمدت خطة لانشاء محطات يبلغ مجموع سعاتها ١٥٠ جيجا وات بعد اجتماع المجلس الأوروبى الشرقى للمساعدات الاقتصادية فى يونيو ١٩٧٩ • وهذا المجلس يتكون من كل من الاتحاد السوفيتى - ألمانيا الديمقراطية - بلغاريا - المجر - تشيكوسلوفاكيا - رومانيا - يوغوسلافيا - بولندا - كوبا • وقد تمكن هذا المجلس من الوصول الى قرارات سياسية صارمة لوضع أهداف لبرامج الطاقة • هذا وقد عقد اجتماع مماثل للقوى الغربية المتقدمة فى طوكيو فى مايو ١٩٧٩ وأمكن تحقيق بعض التقدم بالنسبة للحد من استيراد البترول ولكن دون ذكر للطاقة النووية •

والتوسع المقترح لدول الكتلة الشرقية جاء فى وقت كان الاتحاد السوفيتى - وهو يعتبر المصدر الرئيسى للطاقة لدول هذه الكتلة - يقوم بترشيد استهلاك البترول والغاز الطبيعى لاستغلالهما لأغراض أخرى غير أغراض توليد الطاقة الكهربائية • وكان الدافع ليس للتغلب على النقص فى مصادر الوقود الحفرى ولكن كذلك لخفض تكاليف الطاقة •

ويقدر السوفيت أنه بالإمكان توليد طاقة نووية بتكلفة تقل من ١٥٪ الى ٢٠٪ عنها بالوقود الحفرى •

الاستراتيجية الشرقية في تصميمات التكنولوجيا النووية :

تتقدم تكنولوجيا الطاقة النووية في الكتلة الشرقية باتباع طريق مختلف عن باقي دول أوروبا وأمريكا الشمالية . فبلقد قام الاتحاد السوفيتي - بصفته قائدا لهذه المجموعة - بتأكيد هذه الملامح في تصميم وتطبيق المفاعلات وهي بإيجاز :

١ - أن يسمح تصميم المفاعل بإعادة تغذية جزء منه بالوقود النووي مع استمرار الجزء الباقي من المفاعل في العمل . بينما نجد في التصميمات الغربية يلزم إيقاف المفاعل لحين إعادة تعديته بالوقود ثانية .

٢ - وضع تصميم معياري (الوحدة المتكاملة الجاهزة) لمفاعل الماء المضغوط من شأنه تسييس حط التجميع الانتاجي للمكونات .

في الولايات المتحدة الأمريكية توجد عدة تصميمات - وليس تصميمات معياريا واحدا لمفاعلات الماء المضغوط .

٣ - التعجيل لانشاء مفاعلات التوالد السريع . ويوجد حاليا مفاعلات من هذا النوع وقدرة كل منها ٦٠٠ ميجاوات . ويجرى تصميم مفاعلات قدرة كل منها ١٦٠٠ ميجاوات وهذا يفوق قدرة المفاعل الفرنسي والذي يجري انشاؤه بقدرة ١٢٠٠ م . و .

٤ - الاستغلال المتزايد للقدرة الخارجية لأغراض التسخين في المصانع والمساكن بينما في الدول الغربية معظم الطاقة النووية تستغل لأغراض توليد الكهرباء .

دورة إعادة استخدام الوقود بالطريقة الشرقية :

يوجد داخل دول الكتلة الشرقية ما يقدر بحوالى من ٢٠٪ الى ٣٠٪ من مصائد اليورانيوم الصالية فيستخدم خام اليورانيوم من تشيكوسلوفاكيا وتجرى عليه عمليات التشغيل حتى الوصول الى مرحلة التركيز قبل نقله الى الاتحاد السوفيتي ولا نعلم الا القليل عن الوسائل السوفيتية لدورة إعادة استخدام الوقود النووي سوى انها توجد فعلا وعلى نطاق كبير بالاتحاد السوفيتي وهو المصدر الوحيد لليورانيوم الفنى لكل دول الكتلة الشرقية علاوة على تصديره الى دول اخرى بما فيها المانيا الاتحادية وفرنسا وبأسعار اقل مما تعرضه وزارة الطاقة الامريكية .

والمدير بالذكر ان السوفيت دائما يطلبون من عملائهم إعادة الوقود المستهلك داخل محطات القوى النووية ثم يستخدمون مفاعلات خاصة

يطلق عليها مفاعلات VVER لاعادة دورة الوقود ثانية ومن ثم يتمكنون من احكام قبضتهم على المواد النووية .

وهناك تعاون متزايد بين دول الكتلة الشرقية في مجال انشاء المفاعلات في المحطات النووية وكذا في مجال تبادلات الطاقة الكهربائية .
فداخل معسكر دول الكتلة الشرقية تبني محطات القوى النووية بمفاعلات 440 — VVER (اى قدرة كل منها ٤٤٠ ملجوات) والتي يقوم السوفيت بالمساعدة في بنائها داخل دول هذا المعسكر

صور للجهود المشتركة في مجالات الطاقة داخل معسكر الدول الشرقية :

اولا : في مجال الطاقة النووية :

في هذا المضمار قامت دول معسكر الدول الشرقية فيما بينها بتكوين اتحادات مثل :

١ - اتحاد للاجهزة النووية يقوم باجراء عمليات الصيانة والتطوير لاجهزة القياس - والتحكم لدول المعسكر - وهناك مشاريع مشتركة بين هذه الدول للتطوير التكنولوجي تشمل :

- فيزياء محطات VVER

- تحسينات واعادة استخلام وقود هذه المفاعلات

- تحسين كفاءة الاجهزة

- تكنيك أخذ العينات وتحليلها

- تطوير وسائل اعادة استخدام الوقود داخل مفاعلات التوالد السريع .

٢ - مجموعات عمل مشتركة لدراسة وسائل التخلص من النعابا النووية ومعالجتها .

٣ - مجلس ادارة للامان من أخطار الاشعاعات ويشمل عمله :

- المراقبة والسيطرة ووضع المقاييس المعيارية اللازمة .

- وضع قواعد ومعايير مشتركة لنقل الوقود المستهلك وتتضمن هذه تصميمات وسائل النقل نفسها .

٤ - اتخفت تشيكوسلوفاكيا طريقا بعيدا تسميا عن طريق الكتلة الشرقية في هذا المجال فيقوم مصنعان هما « اتوماذا فولولجودونسك »

ومصنع « سكودا » بإعداد المهام اللازمة لمفاعلات 440 — VVER وبحلول عام ١٩٨١ أصبحت تشيكوسلوفاكيا قادرة على إمداد معدات التحكم والسيطرة . وكذلك مهمات الدوائر الأولية لهذا المفاعلات و بطاقة انتاجية خمس مجموعات كاملة كل سنة هذا الى جانب مشاركة تشيكوسلوفاكيا مع كل من الاتحاد السوفيتي وبولندا والمجر في مشروع بناء محطة طاقة نووية بقدرة ٤٠٠٠ ميجاوات بولاية اوكرانيا السوفيتية . هذا الى جانب قيامها بتصميم وتصنيع عدة نماذج (موديلات) لمولدات البخار لحساب البرنامج السوفيتي لبناء مفاعل التوالد السريع .

٥ - على الرغم من أن دول المعسكر الشرقي تبني برامجها للطاقة النووية اعتمادا على مفاعلات الماء المضغوط السوفيتية الصنع الا أن :

- رومانيا توصلت في الاعوام القليلة الماضية الى اتفاق مع كندا لتزويد أربع مفاعلات قدرة كل منها ٦٠٠ ميجاوات من طراز « كندو » التي تستخدم الماء الثقيل واليورانيوم الطبيعي .

- يوغوسلافيا تقوم بشراء مفاعل الماء المضغوط بقدرة ٦٣٠ ميجاوات من شركة وستنجهاموس الأمريكية .

ثانيا في مجال الطاقة الكهربائية :

يعتبر التعاون بين دول الكتلة الشرقية في مجال محطات الطاقة النووية جزءا من خطة شاملة للتعاون في مجال انتاج وتبادل الطاقة الكهربائية . وفي هذا المضمار :

١ - تم انشاء شبكات لربط دول هذا المعسكر داخل أوروبا الشرقية بجهود كهربية ١١٠ - ٢٢٠ - ٤٤٠ كيلو فولت . وتطور حجم هذه الشبكة من ٢٥٣٠٠ ميجاوات عام ١٩٦٢ الى ٤٤٠٠٠ ميجاوات عام ١٩٧١ ثم الى ١٦٠٠٠ ميجاوات عام ١٩٨٠ .

٢ - تقوم دول المعسكر حاليا بتطوير شبكات النقل لرفع الجهد الكهربى الى ٧٥٠ كيلو فولت وتقوم في المرحلة الأولى (عام ١٩٨٠) بالربط بين مدينة فينتسا بغرب مقاطعة اوكرانيا السوفيتية ومدينة البرترسا المجرية .

٣ - التخطيط لبناء محطات طاقة نووية ضخمة بغرب اوكرانيا السوفيتية أساسا لتصدير الطاقة لدول المعسكر . فستقوم محطات « كونستا تينوفسكايا » و « خميانيتسكي » بتصدير نصف انتاجها من

الطاقة الكهربائية الى كل من بلغاريا - المجر - بولندا - رومانيا -
وتشييكوسلوفاكيا .

٤ - ستقوم شبكة الربط بمهمة تصدير حوالى ٤٠٠٠ ميجاوات
ساعة سنويا من المحطة النووية فى مدينة لينتجراد السوفيتية الى فنلندا .

كما ترتبط الشبكة بالنمسا عن طريق المجر .

انواع المفاعلات النووية بالمعسكر الشرقى :

قام الاتحاد السوفيتى كشريك أساسى وكرائد هذه المجموعة بتطوير
قدرات الطاقو النوويو خلال حوالى ثلاثين عاما اتبع فيها أربعة خطوط
رئيسية هي :

- مفاعلات مواسير الضغط .
- مفاعلات الماء المضغوط .
- مفاعلات النواله السريع .
- المفاعلات الحرارية .

أولا : مفاعلات مواسير الضغط :

وهذا النوع من المفاعلات - والذى بدأ تشغيله فى يونيو ١٩٥٤ -
يمثل معاعلا بريطانيا توقف انتاجه حاليا - الا أن المفاعل السافيتى
يستخدم الجرافيت كعديء بينما كان المفاعل البريطانى يستخدم الماء
الثقيل كعديء .

والوقود المستخدم فى هذا المفاعل هو « اليورانيوم الغنى بنسبة
منخفضة » وتم تشغيل المفاعل الثانى فى هذه السلسلة وهو مفاعل محطة
« ترويسك » بقمرة ٦٠٠ ميجاوات عام ١٩٥٨ .

وتتميز المفاعلات بتصميمها بنظام الجزء المتكامل والمستقل « والذى
يعتمد على امكانية تغذية جزء من المفاعل - أو دائرة منفصلة منه - بالوقود
دون الحاجة الى إيقافه وهذا التصميم يسمح ببناء وحدات لتكوين مفاعل
أكبر وبشكل تدريجى فنرى مثلا سلسلة « بيلويارسك » (١٠٠ ميجاوات
وانتج عام ١٩٦٤) - بيلويارسك - ٢ (٢٠٠ ميجاوات وانتج عام
١٩٦٧) ثم مفاعل (RBMK-1000) بتصميم عيارى ١٠٠٠ ميجاوات
(انتج عام ١٩٧٣) ويستخدم لادارة ٢ توربين قدرة كل منها ٥٠٠
ميجاوات .

• وقام الاتحاد السوفيتي حاليا ببناء مفاعلين من سلسلة RBMK قدرة كل منهما ١٥٠٠ ميجاوات بمقاطعة ليتوانيا ويستخدم المفاعل لإدارة ٢ توربين قدرة كل منهما ٧٥٠ ميجاوات ليبدأ انتاجها في أوائل الثمانينات • هذا الى جانب مفاعلين آخرين يخطط لانشائهما بنفس المحطة ليصير اجمالي قدرتها ٦٠٠٠ ميجاوات في موقع واحد ولكن يجب أن نذكر هنا ان الاتحاد السوفيتي هو الذي انفرد وحده ببناء مفاعلات مواسير الضغط ولم يقم بانشاؤها خارج حدوده •

ثانيا : مفاعلات الماء المضغوط :

كانت أول محطة تستخدم مفاعلا للماء المضغوط سلميية من طراز VVER-1 وقدرتها ٢٨٠ ميجاوات وبدأ تشغيلها عام ١٩٦٤ في مدينة نوفوفورونيتز « ثم تطور التصميم الى طرازات متقدمة مثل Novovoronezh-2 و 2 - VVER بسعة تصميمية ٣٦٥ ميجاوات عام ١٩٦٩ ثم Novovoronezh-3 و VVER-3 بسعة تصميمية ٤٤٠ ميجاوات عام ١٩٧١ اتم اختيار هذه المحطة ذات سعة ٤٤٠ ميجاوات كأول محطة معيارية ثم أعقب ذلك بناء سلسلة من هذه المحطات وهي :

Novovoronezh-4	عام ١٩٧٢	—
Kola-1	عام ١٩٧٣	—
Kola-2	عام ١٩٧٤	—
Oktemberjan-1	في ارمينيا عام ١٩٧٦	—
Oktemberjan-2	عام ١٩٨٠	—
Rovno 1, 2	أعوام ١٩٧٩ ، ١٩٨٠	—
Kola 3, 4	أعوام ١٩٧٩ ، ١٩٨٠	—

كما أصبحت محطات VVER-440 هي المحطات المعيارية المعدة للتصدير وتم بناؤها في كل من بلغاريا - ألمانيا الديمقراطية - تشيكوسلوفاكيا - المجر •

وقد تم تصدير محطتين من هذا التصميم الى فنلندا وكذلك تم بناء محطة منها في تركيا ويخطط لبناء محطة منها في كوبا •

ومعظم مفاعلات (VVER - 440) لها ٦ حلقات أولية تزود كل منها بمولد البخار الخاص بها وكل مفاعل مزود بعدد ٢ توربين قدرة كل منها ٢٢٠ ميجاوات •

أما المفاعل الثاني من طراز BOR-60 وهو مفاعل حرارى ذو قدرة تصميمية ٦٠ ميجاوات فتم تركيبه وتشغيله فى مدينة ديمتروفيجراد عام ١٩٦٩ ويستخدم كذلك لأغراض التجارب على كل من عناصر الوقود - مواد التبطين - والمكونات بشكل عام بما فيها مولدات البخار «الصدويوم - مائية» ، من مختلف التصميمات وانتهى تنقل الحرارة من الصدويوم الى الماء .

وقد أدى هذا العمل المبكر الى تصميم وبدء تشغيل أول مفاعل تواله سريع صناعى من طراز BN-350 فى مدينه سيفيشنكو عام ١٩٧٣ بقدرة حرارية ١٠٠٠ ميجاوات .

وهذا المفاعل مزود بتوربين ضغط حلقي باستطعام البخار (بدلا من تكثيفه) فى محطة لتحلية المياه من بحر قزوين لتنتج ١٢٠.٠٠٠ متر مكعب من الماء العذب يوميا وفى نفس الوقت تولد طاقة كهربائية بمعدل ١٥٠ ميجاوات .

والحقيقة فان سنوات التشغيل الأولى نكبت فيها معاملات BN-350 بكرة أعطال الغلايات البخارية نتيجة لعيوب فى صناعتها الى الدرجة التى لم يمكن فيها تحميل المفاعل بأكثر من ٣٠٪ فقط من قدرته التصميمية . ثم ارتفع هذا الرقم تدريجيا مع اجراء الاصلاحات اللازمة .

ورغم الأعطال فى المولدات البخارية فقد كان لها جانب ايجابى وهو اكتساب الخبرة فى عمليات الاصلاح والتى تنطوى على عمليات قطع مواسير الصدويوم واجراء عمليات التنظيف داخل مولدات البخار والدوائر الحرارية (الصدويوم - مائية) وكذا التعامل مع نواتج تفاعلات الصدويوم مع الهواء . كل ذلك أعطى ثقة للعاملين فى هذه المفاعلات للتقدم صوب المرحلة التالية وهى مرحلة المفاعل BN-600 والذى تصل قدرته التصميمية الى ١٤٧٠ ميجاوات والذى تم انشاؤه فى مدينة « بيلوارسك » وانتهى العمل منه عام ١٩٨٠ فى هذا المفاعل وهناك بعض المكونات هى نفسها مكونات المفاعل BN-350 ولكن بطبيعة الحال تم استبدال الموائر الستة لمولدات البخار (التى تركزت فيها أساسا الأعطال لعيوب فى التصميمات كما ذكرنا آنفا) بأخرى بما يسمى بالتصميم الرعائى Pot Design وفى هذا التصميم تظمس (تظمس) مجموعة : قلب المفاعل بأكمله - مضخات الصدويوم وكذا المبادلات الحرارية - داخل خزان ضخ من الصدويوم للتبريد .

وهذا التصميم يماثل مفاعل التواله السريع التجريبي والذى

أقيم في مدينة « دونري » بالملكة المتحدة بسعة ٢٥٠ ميجاوات وكذا كل من معالي « فيكس » و « سوبر فيكس » ١٢٠٠ ميجاوات الفرنسيين .

ويقوم السوفيت بتصميم معال أكبر من طراز BN-1600 والمأمول ان يكون له خواص أفضل مع درجة اعتمادية أكبر ويكون أكثر اقتصادا من حيث التصنيع على نطاق تجارى .

هذا وقد صرح رئيس الأكاديمية العلمية السوفيتية اليرميسور « اناتولى الكسندروف » بأنه سوف يكون ممكنا تخفيض زمن التضاعف Doubling Time للوقود داخل هذا المعال الى أقل من ستة أعوام .

ملحوظة :

زمن التضاعف هو الزمن الذى خلاله يمكن لمعال التوالد السريع انتاج كمية من الوقود تعادل ما يستهلكه ويعتبر زمن التضاعف معيارا لمدى اقتصادية معال التوالد السريع .

وتطوير الوقود داخل معال التوالد السريع يعتمد على أكسيد اليورانيوم (أو أكسيد الوقود المستخدم) والذى فيه يحترق ١٠ / من الذرات الثقيلة ويتحقق ذلك مع تعطيل عصر وقود واحد فعلى سبيل المثال المعال ذو سعة تصميمية ١٠٠٠ ميجاوات له حوالى ٢٠٠٠ عصر وقود تقريبا .

هذا وقد تم دراسة أنواع أخرى من مركبات الوقود مثل « الكاربيد » و « النيتريد » مع اجراء اختبارات على نطاق واسع لكاربيد الوقود الذى يبطن الصلب للوصول الى نسبة احتراق تعادل ٦ / .

وطورت عملية استخدام الوقود بطريقة هائية تسمى « بوركس » وأمكن تقصير فترات التبريد الى ستة شهور فقط ويجرى دراسة التبريد بتكنولوجيا جديدة تستخدم الفلورين مع الاملاح المنصهرة بأمل تقصير فترة التبريد من ٣ الى ٦ شهور فقط .

وهذه الدراسات يقوم بها حاليا معهد بحوث المعال الذرية بمدينة « ديمتروفجراد » وعلى الرغم من ان الارتكاز الأساسى للجهود السوفيتية في مجال معال التوالد السريع على استخدام الصوديوم كمبرد الا انه تجرى دراسات استخدام الغاز كذلك مثل الهيليوم - ورابع أكسيد النتروجين المتحلل له ٣ الى ٢ شهور فقط فعمد استخدام هذا الأخير

كمبرد عازى داخل المفاعل فان هذا النار يتكافئ داخل التوربين مما يساعد على تبريده . ومزايا هذه الطريقة في تبريد التوربينات هي : -

- ان المبرد ذو سعة حرارية كبيرة .
 - عدد المراحل للتوربين عند الطرف الخلفى اللازم أقل .
 - عملية الاتساع تكون أكثر استقراوا .
 - تضابط مفاعل أكثر هدوءا ومن ثم يبشر بالأمل للوصول الى « زمن تضاعف » أقل .
- ويجرى حاليا بناء مفاعل تجريبى يبرد برابع أكسيد التروجين في الاتحاد السوفيتى .

رابعا : المفاعلات الحرارية :

يبنى السوفيت اهتماما خاصا باستغلال الحرارة الناتجة داخل المفاعلات النووية في العمليات الكيميائية وكذلك أعمال التسخين والتدفئة المركزية هذا بطبيعة الحال الى جانب توليد الكهرباء الا انه في الاتحاد السوفيتى تستخدم ٢٥٪ فقط لهذا الغرض الأخير و ٧٥٪ للتسخين .

وفي هذا المجال اتخذه خطوة أولى لبناء أربعة مفاعلات صغيرة من نوع الماء الخفيف - مع استخدام الجرافيت كعازل وقدره كل منها ١٢ ميجاوات وذلك في مدينة « بيليبين » - بشمال سيبيريا حيث يقصد من كل توربين كمية من البخار بمعدل حرارى ٢٥ جيجا كالورى في الساعة لأغراض التسخين في المستعمرة المحيطة بالمحطة .

وكما ذكر سابقا فان مفاعل التوالد السريع من طراز BN-350 يستخدم لتحلية المياه ويهدد المنطقة المجاورة له بالماء العذب .

كما تم تصميم مفاعلات « حرارية وقوى » أخرى تأسيسا على مفاعل الماء المظلم ومنها مفاعل BK-50 الذى بدأ تشغيله منذ عام ١٩٦٥ في مدينة « ديمتروفجراد » كما يجرى بناء مفاعل « حرارية وقوى » صغير بالقرب من مدينة اوديسا السوفيتية على البحر الأسود .

ويجرى تطوير مفاعلات للحرارة فقط باستخدام مبردات عضوية لانتاج ماء ساخن بدرجة حرارة ١٥٠ درجة مئوية . وبقدرة حرارية ١٥ ميجاوات وسوف تبني الوحدات الأولى من هذا المفاعل في مدينتي « جوركي » و « فورونيز » وتعد خطط حاليا لبناء عدد من هذه المفاعلات الحرارية في المدن الرئيسية بالاتحاد السوفيتى خلال التسعينيات .

الطاقة النووية في اليابان :

كان لحادث المعامل الثامن بمحطته نري مايدر ايلاند بولاية بنسلفانيا الأمريكية عميق الأثر لدى اليابانيين حيث ابهى المستولون اليابانيون اعتمادا كبيرا بهذا الحادث منذ وقوعه وأخذت الحكومة والمؤسسات اليابانية تتابع أحداثه وتحليلاته لاخذ العبرة منه ولعل من أكبر المآسي التي نتجت من تواله الشعور بالثوف لدى اليابانيين من مثل هذه الحوادث أن قررت إيقاف جميع مفاعلات الماء المضغوط بأنحاء اليابان علما بأنه - حتى في الولايات المتحدة الأمريكية - فإن لجنة الأمان النووي NRC أمرت بإيقاف مفاعلات الماء المضغوط صناعة « بابوكوك ايمويليكوكس » فقط ولكن اليابانيين تطروا للامر نظرة أخرى باعتبار ذلك اجراء ضروريا وذلك على الرغم من أن جميع المفاعلات اليابانية لها تصميم يحاطل تصميم مفاعلات « نري مايلز ايلاند » بل لقد ذهب الحكومة اليابانية الى أبعد من ذلك بل طلبت من المتخصصين بإعداد دراسات عاجلة عما يجب عمله لو حدث مثل ذلك الحادث في اليابان وقامت وكالة « الطاقة والمصادر الطبيعية التابعة لوزارة التجارة الدولية والصناعية اليابانية بإعداد هذه الدراسات وتلقت لجنة الأمان النووي اليابانية تقريراً كاملاً بالدراسة واقتنعت هذه الوكالات خلال فترة قصيرة - بسلامة المحطات اليابانية العاملة (الشفالة) .

ومن تم أعيد تشغيل المحطات النووية بها وإن نطلب الأمر اجراء بعض التعديلات في نظم الانذار والوقاية لنظم تبريد قلب المعامل في بعض المحطات قبل إعادة تشغيلها كما كونت الوكالة لجنة لمعصر وتحسين خطط الطوارئ في حالة وقوع حادث في إحدى المحطات .

ولكن بعد هذا الحادث والإجراءات التي تبعتها من حكومة اليابان والمتوقع الا تصل الصناعة النووية الى ما قبل الحادث - بعد أن كانت اليابان في مقدمة الدول بعد الولايات المتحدة الأمريكية في مجال الطاقة النووية .

ادوار جديدة لوكالات الطاقة النووية اليابانية :

قبل حادث معامل بنسلفانيا كان هنالك ثلاثة وكالات حكومية تتولى المسؤولية الرئيسية للطاقة النووية في اليابان ولكن بعد هذا الحادث تكونت لجان ثلاثة هي :

١ - الوكالة الأولى هي لجنة الطاقة الذرية اليابانية ومهمتها تداول السياسة الطويلة المدى وتقرر - من بين ما تقوم به حجم المحطات النووية

الجديدة لتوليد الكهرباء ويقوم اعضاء هذه اللجنة الأربعة بالتنسيق مع جميع الوكالات الحكومية لتنفيذ هذه السياسة .

٢ - الوكالة الثانية هي وزارة التجارة الدولية والصناعية وهي مسنولة عن وضع شروط الامان والشروط البيئية لمحطات الطاقة انوية بحيث اذا استوى موقع جميع هذه الشروط منحت الوكالة التصريح اللازم لبناء المفاعل النووي في الموقع المحدد ثم يتبع ذلك تصاريح أخرى لتركييب الأجزاء المختلفة من المفاعل اما تصريح بدء التشغيل فلا يسمح الا بعد اجراء الاحتياطات اللازمة على جميع اجزاء المحطة بعد تركيبها مع المراقبة الدائمة لحالات التشغيل كما تقوم هذه الوزارة ممثلا بعمل لجنة التنظيم النووي بالولايات المتحدة الأمريكية باعطاء الأمر للمحطات بالاييقاف للمصن والاصلاح في حالة اكتشاف أى عطل في أحد مكوناتها .

- اما الوكالة الثالثة والتي تشكلت عام ١٩٧٨ وهي لجنة الامان النووي ومهمتها الاساسية هي وضع فلسفة التصميمات وأسس تحليل الامان وليس مجرد متابعة التشغيل اليومي للمحطات النووية والظريف هنا أن نذكر بأن هذه اللجنة بأعضائها الخمسة أقيمت نفسها فجأة في أعمال اللجنة الثانية بل كانت فعلا تتدخل في شئونها مما خلق جوا من التحدي لأعمالها وذلك بعد حادث مفاعل « تري مايلز أيلاند » .

التحسن في مجالات التدريب :

على الرغم من تداخل أعمال الوكالات المذكورة أعلاه الا انه أمكن استخلاص العبر من حادث مفاعل « تري مايلز أيلاند » ووضع الدروس المستوعبة في حيز التطبيق وكانت المحصلة الرئيسية لذلك هي الارتفاع بمستوى تدريب العاملين بفرقة المراقبة والسيطرة بالمحطات النووية فقبل هذا الحادث كان التدريب عبارة عن فصل تدريسي (كورس) من ٢٢ أسبوعا بمركز « تسروجا » التدريبي وكان هذا التدريب شمل :

- ٦ أسابيع دراسة للموضوعات الأساسية مثل نظرية المفاعلات .

- ٨ أسابيع للتعرف على أجزاء المحطات النووية .

- ٨ أسابيع للتدريب على « نموذج للمحطة النووية » وهو عبارة عن تركيب من دوائر يتحكم فيها حاسب الكتروني يسمح بنمذجة أنواع المفاعلات بمعدل ١٢ يوما في السنة أما باقي العاملين في غرف المراقبة مختلفة من الحوادث اضافة الى ذلك يرتب إعادة للتدريب سنويا لمشغل المفاعلات بمعدل ١٢ يوما في السنة أما باقي العاملين في غرف المراقبة

والسيطرة فيرتب لهم برامج لاعادة التدريب كل عامين • ولكن بعد حادث « ثرى ما يلىرأ يلايد » تم ادخال فصلين تدريبيين ستروين كل فصل من ٣ أيام لاعادة التدريب للمشرفين •

— تدريب لمدة يوم واحد بالنسبة للتنسيق بين أعضاء الوردية الواحدة لفرفة المراقبة والسيطرة •

— تعديل برنامج الاثنى عشر يوما المذكورة اعلاه — بحيث يتضمن كذلك السلوك الديناميكي للمحطة وتحليل الأمان اضافة بطبيعة الحال — الى البرنامج التدريبى الأصل •

المخطط اليابانى لتنمية قدراتها النووية :

تمتلك اليابان ٩ مواقع لمحطات طاقة نووية تعمل بقدرة اجمالية تبلغ ١٤٥٢٢ ميجاوات كهربى وما زال هناك ٣ مواقع تحت الإنشاء لتكوين وحدات اجمالى قدراتها ٥٦١٤ ميجاوات كهربى اضافة الى مخططاتها لتشغيل مفاعل توالد سريع بقدرة ٣٠٠ ميجاوات كهربى عام ١٩٨٥ وبين الجنول (٤ — ٢) المخطط اليابانى لتنمية قدرتها النووية •

جدول (٤ - ٢) المخطط اليابانى لتنمية قدرتها النووية

السنة	اجمالى السعة الكهربائية (ميجاوات)	النسبة المئوية للفترة النووية الى اجمالى السعة الكهربائية
١٩٧٩	١١٢٠٠٠	١١ر٣
١٩٨٠	١١٨٨٨٧	١٢ر٦
١٩٨٤	١٤٧٥٠١	١٣ر٩
١٩٨٩	٢٠٢٥١٣	١٩ر٧

المطلة انثوية في الولايات المتحدة الامريكية
الجدول رقم (٤ - ٣) بينا المحطات النورية السامة أو التي تحت الانشاء وعدد وقدرات وأنواع المفاعلات بها .

جدول (٤ - ٣) : وضع المحطات النورية في الولايات المتحدة الأمريكية :

٢	الولاية	الرمح	القدرة (م . و . كهرمى	نوع المفاعل	الشركة الصانعة	بداية التشغيل
١	الاباما	براونز فري	١٠٦٥×٣	ماء مغل	جى.ال.الكبرىك	٧٤-٧٥-٧٧
٢	الاباما	جوزيف فيل ٢	٨٢٩×١	ماء مضغوط	وستنجهاروس	لم يحدد
٣	الاباما	بالفورت	١٢٣٥×٢	ماء مضغوط	باكوك و لوكوكس	٨١ ، ١٩٨٢
٤	الاباما	جوزيف فيل ١	٨٢٩×١	ماء مضغوط	وستنجهاروس	١٩٧٧
٥	اركنساس	اركنساس ١	$٩١٢ \times ١ + ٨٥٠ \times ١$	ماء مضغوط	باكوك و لوكوكس	٧٤ ، ١٩٧٨
٦	اريزونا	بالوفرد	١٢٧٠×٥	ماء مضغوط	كوبستين	٨٣-٨٤-٨٦
٧	كاليفورنيا	هامولت باى	٦٥×١	ماء مغل	جى.ال.الكبرىك	٨٨-٩٨
٨	كاليفورنيا	ديبلو كايون	$١٠٨٤ \times ١ + ١ \times ١$	ماء مضغوط	وستنجهاروس	١٩٦٣ ، ١٩٧٩
٩	كاليفورنيا	لم تحدد	١١٠٦	ماء مغل	جى.ال.الكبرىك	لم يحدد
١٠	كاليفورنيا	سان انفر	١١٦٨×٣	ماء مضغوط	كوبستين	٨١-٨٣-١٩٨٣
١١	كاليفورنيا	واشيو سينكو	١١٠٠×٢	ماء مضغوط	باكوك و لوكوكس	١٩٧٥
١٢	كاليفورنيا	سان كليمنت	٤٣٦×١	ماء مضغوط	وستنجهاروس	١٩٦٨

(تابع) جدول (٤ - ٣) : وضع المصحات النووية في الولايات المتحدة الأمريكية.

٢	الولاية	الموقع	القدرة (م. و. كهرم)	نوع المفاعل	الشركة الصانعة	بتاريخ التشغيل
١٣	كلرادو	بورت سان فرين	٣٣٠ × ١	حراري - تبريد غاز	جنرال اتوميك	١٩٧٣
١٤	كونكتيكت	هادام ريك	٥٧٥ × ١	ماء مضغوط	وستنجهاديس	١٩٦٨
١٥	كونكتيكت	ميل ستون	٦٦٠ × ١	ماء مغل	جنرال الكنتريك	١٩٧١
١٦	كونكتيكت	ميل ستون	٨٣٠ × ١	ماء مضغوط	كوبستين	١٩٧٥
١٧	كونكتيكت	ميل ستون	١١٥٠ × ١	ماء مضغوط	وستنجهاديس	١٩٨٦
١٨	فلوريدا	كريستال ديفر	٨٢٥ × ١	ماء مضغوط	باكورك ولوكس	١٩٧٧
١٩	فلوريدا	سان لوسي ١	٨٠٢ × ١	ماء مضغوط	كوبستين	١٩٧٦
٢٠	فلوريدا	سان ٢	٨٤٢ × ١	ماء مضغوط	كوبستين	١٩٨٣
٢١	فلوريدا	تركي بونت ٢	٦٩٣ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاديس	١٩٧٣-٧٢
٢٢	جورجيا	ادوين هاتش ٢	٧٩٠ × ١ + ٧٨٦ × ١	ماء مغل	جنرال الكنتريك	١٩٧٨-٧٥
٢٣	جورجيا	الفن فوجال	١١٠٠ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاديس	١٩٨٧-٨٤
٢٤	إلينوي	درسفل	٧٩٤ × ٢ + ٢٠٧ × ١	ماء مغل	جنرال الكنتريك	١٩٧٢-٧٠-٦٠
٢٥	إلينوي	كواد سينز	٧٨٩ × ٢	ماء مغل	جنرال الكنتريك	١٩٧٣
٢٦	إلينوي	زيون	١٠٤٠ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاديس	١٩٧٤-٧٣
٢٧	إلينوي	لاسال	١٠٧٨ × ٢	ماء مغل	جنرال الكنتريك	١٩٨١-٨٠

(تابع) جدول (٤ - ٣) : وضع المحطات النووية في الولايات المتحدة الأمريكية

٢	الولاية	الموقع	القدرة (م. و. حراري)	نوع المفاعل	التريكة الصناعية	بتاريخ التشغيل
٢٨	إلينوي	بريه رود	١١٢٠ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاوز	١٩٨٢-٨٢
٢٩	إلينوي	بيرون	١١٢٠ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاوز	١٩٨٢-٨٢
٣٠	إلينوي	كارول كويني	١١٢٠ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاوز	١٩٩١-٩٠
٣١	إلينوي	كليتتون	٩٥٠ × ٢	ماء مغل	جنرال إلكتريك	١٩٨٦-٨٢
٣٢	إنديانا	بيل تيوكلر	٦٤٤ × ١	ماء مغل	جنرال إلكتريك	١٩٨٤
٣٣	إنديانا	ماريل هل	١١٣٠ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاوز	١٩٨٤-٨٢
٣٤	إيسا	دوان ارنولد	٥٣٨ × ١	ماء مغل	جنرال إلكتريك	١٩٧٥
٣٥	إيسا	فانداليا	١٢٧٠ × ١	ماء مضغوط	باتوك وركوكس	لم يحدد
٣٦	ماين	ماين ناكي	٨٢٥ × ١	ماء مضغوط	كوبينش	١٩٧٢
٣٧	ماريلاند	كالفرت كليفس	٨٤٥ × ٢	ماء مضغوط	كوبينش	١٩٧٧-٧٥
٣٨	ماساشوست	بليرم ١	٦٥٥ × ١	ماء مغل	جنرال إلكتريك	١٩٧٢
٣٩	ماساشوست	ناكي	١٧٥ × ١	ماء مضغوط	وستنجهاوز	١٩٦١
٤٠	ماساشوست	بليرم ٢	١١٥٠ × ١	ماء مضغوط	كوبينش	١٩٨٦
٤١	ماساشوست	مونتاج	١١٥٠ × ٢	ماء مغل	جنرال إلكتريك	١٩٩٢-٨٨
٤٢	كانساس	وولف كريك	١١٥٠ × ١	ماء مضغوط	وستنجهاوز	١٩٨٢
٤٣	لويزيانا	ديفرينيه	٩٣٤ × ٢	ماء مغل	جنرال إلكتريك	١٩٨١

(تابع) جدول (٤ - ٣) : وضع المحطات النووية في الولايات المتحدة الأمريكية

٢	الولاية	الموقع	القدرة (م ^٢ وكهرباء)	نوع المفاعل	التركيبة الصناعية	بداية التشغيل
٤٤	لويزيانا	دوتز فورڤ	1165×1	ماء مضغوط	كوبستشين	١٩٨١
٤٥	ميتشيجان	بج روك بونيت	73×1	ماء مغل	جنرال اليكتريك	١٩٦٣
٤٦	ميتشيجان	دونالد كوك	$1100 \times 1 + 1052 \times 1$	ماء مضغوط	وستنجهاروس	١٩٧٨-٧٥
٤٧	ميتشيجان	باليسينز	740×1	ماء مضغوط	كوبستشين	١٩٧١
٤٨	ميتشيجان	ميدلاند	$524 \times 1 + 807 \times 1$	ماء مضغوط	باكوك و لوكوكس	١٩٨٢-٨١
٤٩	ميتشيجان	أثيريكو فيري	1093×1	ماء مغل	جنرال اليكتريك	١٩٨٢
٥٠	ميتشيجان	جريت وود	1264×2	ماء مضغوط	باكوك و لوكوكس	١٩٩٢-٩٠
٥١	ميتشيجان	مونكلير	540×1	ماء مغل	جنرال اليكتريك	١٩٧١
٥٢	ميتشيجان	تريزي آيلاند	530×2	ماء مضغوط	وستنجهاروس	١٩٧٤-٧٣
٥٣	ميتشيجان	جرايزد جلف	1250×2	ماء مغل	جنرال اليكتريك	١٩٨٤-٨١
٥٤	ميتشيجان	يلوكريك	1285×2	ماء مضغوط	كوبستشين	١٩٩٢-٨٥
٥٥	ميسوري	كولواي مونتي	1150×2	ماء مضغوط	وستنجهاروس	١٩٨٧-٨٢
٥٦	نبراسكا	كوبستشين	778×1	ماء مغل	جنرال اليكتريك	١٩٧٤
٥٧	نبراسكا	بورت كاليون	457×1	ماء مضغوط	كوبستشين	١٩٧٣
٥٨	نبراسكا	سهي برونك	1194×2	ماء مضغوط	وستنجهاروس	١٩٨٧-٨٢
٥٩	نبراسكا	اويسكوكريك	750×1	ماء مغل	جنرال اليكتريك	١٩٦٩

(تابع) جدول (٤ - ٣) : وضع المصالحات النزوية في الولايات المتحدة الأمريكية

م	الولاية	الموقع	القدرة (م ^٢ و كبريتي)	نوع المفاعل	الشركة الصانعة	بتدأية التشغيل
٦٠	نيوجيرسي	سيلم	١٠٩٠ × ١	ماء مضغوط	وستنجهاروس	١٩٧٧
٦١	نيوجيرسي	غوركلدريفير	١١٦٨ × ١	ماء مضغوط	كوبيشين	١٩٨٣
٦٢	نيوجيرسي	سيلم	١١١٥ × ١	ماء مضغوط	وستنجهاروس	١٩٧٩
٦٣	نيوجيرسي	هوب جيريك	١٠٦٧ × ٢	ماء مغل	جيرال اليكتريك	١٩٨٦-٨٤
٦٤	نيويورك	جيسس فيز باتريك	٨٢١ × ١	ماء مغل	جيرال اليكتريك	١٩٧٥
٦٥	نيويورك	جيسس فيز باتريك	٤٧٠ × ١	ماء مضغوط	وستنجهاروس	١٩٧٠
٦٦	نيويورك	دويرت ١٠ - جيتا	٨٧٣ × ١ + ٢٦٥ × ١	ماء مضغوط	وستنجهاروس	١٩٧٦-٧٣-٦٢
٦٧	نيويورك	٩ - ميل بونيت	٩٦٥ × ١ + ٦٢٠ × ١	ماء مغل	جيرال اليكتريك	١٩٦٩
٦٨	نيويورك	شورهام	٨٥٤ × ١	ماء مغل	جيرال اليكتريك	١٩٨١
٦٩	نيويورك	جيسس بورت	١١٥٠ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاروس	١٩٩٠-٨٨
٧٠	نيويورك	لم يحدد	١٢٥٠ × ٢	ماء مضغوط	كوبيشين	١٩٩٤-٩٢
٧١	نيويورك	سترنلج	١١٥٠ × ١	ماء مضغوط	وستنجهاروس	١٩٨٨
٧٢	نيويورك	٩ - ميل بونيت	١٠٨٠ × ١	ماء مغل	جيرال اليكتريك	١٩٨٤
٧٣	نور كارولينا	بروتسويك	٨٢١ × ٢	ماء مغل	جيرال اليكتريك	١٩٨٤
٧٤	نورث كارولينا	شيزون هاريس	٩٠٠ × ٤	ماء مضغوط	وستنجهاروس	١٩٨٦-٨٤-٨١

(تابع) جدول (٤ - ٣) : وضع العلاقات الثنائية في الولايات المتحدة الأمريكية

٢	الولاية	الموقع	الفترة (م - و - كهرس)	نوع المفاعل	الشركة المصانة	بداية التشغيل
٧٥	نورت كارولينا	وليام ماكجوير	١١٨٠ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهامرس	٧٩-١٩٨١
٧٩	نورت كارولينا	توماس بركنز	١٢٨٠ × ٣	ماء مضغوط	كوبينستين	٨٨-١٩٩٣
٧٧	اوهايو	دافيس بس	٩٠٦ × ٣	ماء مضغوط	باكوك و لوكوكس	٧٧-١٩٨٧
٧٨	اوهايو	نيسر ١	٨١٠ × ١	ماء مغل	جنرال اليكتريك	١٩٨٠
٧٩	اوهايو	بيوى	١٢٠٥ × ٢	ماء مغل	جنرال اليكتريك	٨٣-١٩٧٥
٨٠	اوهايو	ايرى	١٣٦٧ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهامرس	٨٦-١٩٨٨
٨١	او كلاهما	بلاك فوكس	١١٥٠ × ٢	ماء مغل	جنرال اليكتريك	١٩٧٦
٨٢	اوريجون	ترويجان	١١٣٠ × ١	ماء مضغوط	وستنجهامرس	٨٧-١٩٨٩
٨٣	اوريجون	بيل سبرنج	١٢١٠ × ٣	ماء مضغوط	وستنجهامرس	٧٦-١٩٨٤
٨٤	بنسلفانيا	بيفر فال	٨٥٢ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهامرس	١٩٧٧
٨٥	بنسلفانيا	شينج ثورت	٦٠ × ١ (ماء حثيف)	توالد سريع	وستنجهامرس	١٩٧٤
٨٦	بنسلفانيا	بيش بومدم	١٠٦٥ × ٢	ماء مغل	جنرال اليكتريك	٧٤-١٩٧٨
٨٧	بنسلفانيا	٣ - ميل آيلاند	٩٠٦ × ١ + ٨٠٠ × ١	ماء مضغوط	باكوك و لوكوكس	٨١-١٩٨٢
٨٨	بنسلفانيا	سانكس هيا	١٠٥٠ × ٢	ماء مغل	جنرال اليكتريك	٨٥-١٩٨٧
٨٩	بنسلفانيا	لايم ريك	١٠٦٥ × ٢	ماء مغل	جنرال اليكتريك	٨٧-١٩٨٩
٩٠	رود آيلاند	ناب	١١٥٠ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهامرس	

(تابع) جدول (٤ - ٣) : وضع المصحات الثورية في الولايات المتحدة الأمريكية

٢	الولاية	الموقع	القدرة (م.و.) كهربى	نوع المعامل	الشركة (المصلحة)	بتاريخ التشغيل
٩١	ساروت كارولينا	اوكرفي	٨٨٧ × ٣	ماء مضغوط	باكرك و لوكركس	١٩٧٤-٧٣
٩٢	ساروت كارولينا	ه.ب. روبنسسون	٧٠٠ × ١	ماء مضغوط	وستنجهاريس	١٩٨١
٩٣	ساروت كارولينا	كاناويا	١١٤٥ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاريس	١٩٨٣-٨١
٩٤	ساروت كارولينا	شيدوكي	١٢٨٠ × ٣	ماء مضغوط	كوفيسشون	١٩٨٩-٧٧-٨٥
٩٥	ساروت كارولينا	فرجل سسر	٩٠٠ × ١	ماء مضغوط	وستنجهاريس	١٩٨٠
٩٦	تيسى	سينكوبا	١١٤٠ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاريس	١٩٨٠
٩٧	تيسى	واتسى يار	١١٦٥ × ٣	ماء مضغوط	وستنجهاريس	١٩٨١-١٩٨٠
٩٨	تيسى	هارتس فيل	١٢٠٥ × ٤	ماء ممل	جنرال اليكتريك	١٩٨٤-٨٣-٩٠
٩٩	تيسى	فيسى مانه	١٢٢٠ × ٢	ماء ممل	جنرال اليكتريك	١٩٩١-٨٢
١٠٠	تينيسى	كلينش ريفر	٣٥٠ × ١	نواله سريع	وستنجهاريس	١٩٨٦
١٠١	تكساس	الين كريك	١١٥٠ × ١	ماء ممل	جنرال اليكتريك	١٩٨٦
١٠٢	تكساس	ساروت تكساس	١٢٥٠ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاريس	١٩٨٣-٨٢
١٠٣	تكساس	كوفتش بيك	١١٥٠ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاريس	١٩٨٣-٨١
١٠٤	فرغونت	فرغونت ياكى	٥١٤ × ١	ماء ممل	جنرال اليكتريك	١٩٧٢
١٠٥	فرجينيا	نورث انا	٩٠٧ × ٣	ماء مضغوط	وستنجهاريس	١٩٧٩-٧٨
			٩٠٧ × ٣	ماء مضغوط	باكرك و لوكركس	١٩٨٧-٨٦

(تابع) جدول (٤ - ٣) : وضع المحطات النووية في الولايات المتحدة الأمريكية

٢	الولاية	اسم المحطة	القدرة (م.و. - كهر.م)	نوع المفاعل	الشركة المصانعة	بداية التشغيل
١٠٦	فرجينيا	سوربي	٨٢٢ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهوارس	١٩٧٣-٧٢
١٠٧	واشنطن	هانفورد	٨٠٠ × ١	جوانيت	وستنجهوارس	١٩٦٦
١٠٨	واشنطن	سكاكيت	١٢٨٨ × ٢	ماء مغل	جنرال اليكتريك	١٩٨٧-٨٥
١٠٩	واشنطن	دبيب ١ س ١	١٢٦٧ × ٢ + ١٢٤٢ × ٢	ماء مضغوط	بايكورك ولوكويس	١٩٨٥-٨٣
			١١٠٢ × ١	ماء مغل	وستنجهوارس	١٩٨٦-٨٤
		كينواي	٥٣٥ × ١	ماء مضغوط	جنرال اليكتريك	١٩٨١
١١٠	ويسكونسن	لاكرويس (حبرا)	٥٠ × ١	ماء مغل	وستنجهوارس	١٩٧٤
١١١	ويسكونسن	بريتيتش	٤٩٧ × ٢	ماء مضغوط	البيس شالر	١٩٦٩
١١٢	ويسكونسن	تايرون ١	١١٠٠ × ١	ماء مضغوط	وستنجهوارس	١٩٧٢-٧٠
١١٣	ويسكونسن	هانن	٩٠٠ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهوارس	١٩٧٦
١١٤	ويسكونسن			ماء مضغوط	وستنجهوارس	١٩٨٩ + لم يحدد

ملاحظات وتعليق عل وضع الطاقة النووية بالولايات المتحدة الأمريكية :

من الجدول السابق يمكن ان نستنتج التالي :

أولا : حتى نهاية عام ١٩٨٢ فان عدد المواقع ٧٦ موقعا تحتوى على ١٠٧ مفاعلا نوويا تتراوح ساعاتها من ٥٠ فقط الى ١٢٥٠ ميجاوات كهربى موزعة كالتالى :

٣٦ مفاعل ماء مغلى منها ٣٥ مفاعل صناعة جنرال اليكتريك ومفاعل واحد صغير صناعة شركة اليس شالر .

٦٨ مفاعل ماء مضغوط منها ٤٥ مفاعلا صناعة وستنجهاوز - ٩ مفاعلات صناعة كومسيشن انجنيرنج .

١٤ مفاعلا صناعة بابلوك وويلكوكس .

- مفاعل واحد توالد سريع صناعة وستنجهاوز .

- مفاعل واحد حرارة عالية ويبرد بالغاز صناعة شركة جنرال اتوميك .

- مفاعل واحد جرافيت .

ثانيا : من عام ١٩٨٣ وحتى عام ١٩٩٤ فان عدد المواقع الجديدة المضافة ٣٣ موقعا حديثا - ٨٦ مفاعلا نوويا تتراوح ساعاتها من ٣٥٠ الى ١٢٨٨ ميجاوات كهربى موزعة كالتالى :

- ٢٥ مفاعل ماء مغلى جميعها صناعة جنرال اليكتريك .

- ٦٠ مفاعل ماء مضغوط منها ٣٣ مفاعلا صناعة وستنجهاوز و ٢١ مفاعلا صناعة كومسيشن - انجنيرنج و ٨ مفاعلات صناعة بابلوك وويلكوكس .

- مفاعل واحد توالد سريع صناعة وستنجهاوز .

ثالثا : مفاعلات غير محددة تاريخ تشغيلها وهى ٥ مفاعلات موزعة عل ٤ مواقع وتتراوح ساعاتها من ٨٢٩ الى ١٢٧٠ ميجاوات كهربى موزعة كالتالى :

- ٢ مفاعل ماء مغلى صناعة جنرال اليكتريك .

- ٣ مفاعل ماء مضغوط منها ٢ مفاعل صناعة وستنجهاوز ومفاعل واحد صناعة بابلوك وويلكوكس .

مصر وعصر الطاقة النووية

تدرك مصر - شأها في ذلك شأن أى دولة متحصرة وواعية لجميع ظروف العالم من حولها وما ستتطور اليه أمور الطاقة فيه - أنه لا بد لها من مساندة هذا التطور إيماناً برسالتها كدولة رائدة للدول العربية والأفريقية فإذا كان هذا التطور - وهو بدون شك كذلك يعود عليها بالحجر الوفير متمتلاً في زيادة حصيلتها من العملات الحرة نتيجة لتوجيه الجزء الأكبر من ثروتها النفطية إلى ما يحقق أكبر عائد اقتصادى لها كتوجيهه إلى صناعات البتروكيماويات وغيرها أو بتصدير جزء كبير منه للخارج للمساهمة في تحقيق التوازن الاقتصادى للدولة إذن لأصبح هذا السلوك ليس هدفاً حضارياً فحسب بل قومية بالدرجة الأولى .

ومع خطط التنمية الطموحة ولتحقيق هدف الرفاهية للمواطن المصرى وما يستلزمه من زيادة نصيب الفرد من استهلاك الطاقة الكهربائية والمخطط له أن يرتفع من حوالى ٤٥٠ كيلو وات ساعة سنوياً عام ١٩٨٢ إلى حوالى ١٥٠٠ كيلو وات ساعة سنوياً عام ٢٠٠٠ على الرغم من الزيادة المتوقعة للسكان من ٤٤ مليون نسمة عام ١٩٨٢ إلى حوالى ٦٦ مليون نسمة عام ٢٠٠٠ وعليه فإن اجمالى الطاقة السنوية سيرتفع إلى حوالى مائة مليار كيلو وات ساعة عام ٢٠٠٠ .

وحيث ان أقصى ما يمكن انتاجه من الطاقة الكهرومائية - وعنده الاستغلال الكامل للمصادر المائية من نهر النيل لن يتعدى بأى حال من الأحوال ١٥ مليار كيلو وات ساعة سنوياً (وأن كان ما ينتج حالياً هو حوالى ١٠ مليار فقط) فعليه كان لزاماً علينا البحث عن مصادر لتدبير ٨٥ مليار كيلو وات ساعة سنوياً عام ٢٠٠٠ (وطبيعى مع اطراد النمو

لا بد من زيادة هذا الرقم) معنى ذلك ببساطة متناهية أما سحاج ما لا يقل عن ٢٥ مليون طن من النفط. (أو مكافئاتها من المصادر الأخرى غير المائية) سنويا أى حوالى نصف إنتاجا من النفط لنفس العام مع توقع زيادتها مع زيادة معدل استهلاك الطاقة الكهربائية والذي لا يتوقع المؤلف أن يقل عن ٥٪ سنويا فى أوائل القرن الحادى والعشرين أى أنه لو استمررنا فى الاعتماد على النفط لتوليد الكهرباء فسيأتى وقت - وهذا فى اعتقادنا قبل نهاية القرن القادم وربما فى أوائل التسعينات من هذا القرن - سنصبح دولة مستوردة للنفط وليس دولة مصدرة وما لهذا التحول من انعكاسات خطيرة على اقتصاد البلاد .

فاذا علمنا أن أقصى ما يتوقع أن تسهم به مصادر الطاقة الجديدة (شمس ورياح وطاقة حيوية وغيرها) لن يتجاوز ٥٪ (وربما أقل) بحلول القرن الحادى والعشرين . إذن لا ماص أبدا ولا مفر من استخدام الطاقة النووية أساسا فى توليد الكهرباء وبدون شك اذا أثبتت الدراسات جدواها الفنية والاقتصادية فى أغراض التسخين كذلك .

الجهود المصرية للانتقال الى عصر الطاقة النووية على نطاق واسع :

فى هذا الاتجاه تبنت وزارة الكهرباء والطاقة بمصر استراتيجية توفير الكهرباء باستخدام الطاقة النووية لتغطية نسبة متزايدة تصل الى حوالى ٤٠٪ من احتياجات البلاد من الطاقة الكهربائية عام ٢٠٠٠ . وحوالى ٢٠٪ من هذه الاحتياجات ببناء محطات تعمل بالبحم اما بالنسبة للناقى فيغطى باستخدام أقصى المتاح من الطاقة المائية (بعد تعيذ سلسلة من مشروعات الطاقة الكهرومائية وبالتنسيق مع قطاعات الرى والزراعة) ومشروعات الطاقة الجديدة والباقى بعد ذلك (حوالى ٢٥٪ من الاحتياجات) يمكن تغطيته من المنتجات النفطية والغاز الطبيعى .

ولتحقيق هذا الهدف فقد وضعت هذه الوزارة برنامجا لباى ٨ محطات لتوليد الكهرباء بالطاقة النووية يصل مجموع قدراتها الى حوالى ٨٠٠٠ ميجاوات عام ٢٠٠٠ وفى سبيل ذلك قامت بمعدة خطوات أهمها : -

١ - قامت مصر حديثا من خلال وزير خارجيتها بالتصديق على معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية .

٢ - توقيع اتفاقيات تعاون مشترك فى مجال الطاقة النووية مع

كل من فرنسا في مارس ١٩٨١ والولايات المتحدة الأمريكية في يونيو ١٩٨١ .

٣ - أجريت اتصالات مع كل من ألمانيا الاتحادية وكندا لتوقيع اتفاقيات مماثلة .

٤ - أحرزت وزارة الكهرباء والطاقة اتصالات مع الورااث المعية في كل من السويد واستراليا والمنكة المتحدة لبعث إمكانية التعاون المشترك في مجال الاستخدامات السلمية للطاقة النووية .

٥ - أجريت اتصالات على مستوى رسمي بين وزارة الكهرباء والطاقة بمصر وحكومة كندا للتعاون في هذا المجال وفي حالة انسام الاتفاق ستقوم كندا بتوريد مفاعلات من طراز « كاندو » المعروفة لمصر .

عرض وتحليل لمجالات تعاون هذه النول مع مصر :

بتحليل نشاطات أهم دول العالم التي دخلت مجال استخدامات الطاقة النووية لتوليد الطاقة الكهربائية يمكن حصر أهم مجالات التعاون مع مصر فيما يلي : -

١ - بالنسبة لمجال التعاون مع فرنسا :

المتتبع لتاريخ فرنسا في مجال الاستخدام السلمي للطاقة النووية يلاحظ تحولها من استخدام مفاعلات اليورانيوم الطبيعي التي تترد بالفاز مع استخدام الجرافيت كمهدىء الى صناعة مفاعلات الماء المضغوط بتصريع من شركة وستنجهاموس الأمريكية في منتصف عقد الستينات واستمرت في هذا الطريق مع الأخذ بنظام تصميم الوحدة المعيارية أو الجاهزة وعليه فيمكن أن يكون مجال التعاون هو تعاقد على تركيب مفاعلات ماء خفيف من نوع الماء المضغوط والتي تستخدم اليورانيوم الغنى (المخصب) أما بالنسبة لتوريد اليورانيوم الغنى الى مصر فنظرا لاحتياطات فرنسا المتواضعة منه فسيقتصر مجال التعاون بالاضافة الى تعاقدات تركيب مفاعلات الماء المضغوط تقديم الخبرات الفنية في مجالات التخطيط والتركيب والتشغيل والصيانة الى جانب التدريب وتقديم المشورات الفنية .

أما بالنسبة لمفاعلات التوالد السريع سواء من طراز « فينكس » أو « سوبر فينكس » فلا يتوقع الخبراء انتاحها على نظام تجارى قبل عام ١٩٩٧ ومن ثم يمكن أن يشمل التعاون في مرحلة تالية هذه الأنواع

من المفاعلات كذلك بالنسبة لتقديم خدماتها في مجال دورات اعادة استخدام الوقود النووي والذي بدأت فرنسا أن تسلك طريقه الصعب .

٢ - بالنسبة لمجال التعاون مع الولايات المتحدة الأمريكية :

المتتبع لحطط الولايات المتحدة لانشاء محطات الطاقة النووية في الفترة من عام ١٩٨٣ حتى عام ١٩٩٤ يجد أنها تعتزم بناء ٩١ مفاعلا نوويا تتراوح سعاتها من ٣٥٠ ميجاوات الى ١٢٨٨ ميجاوات كهربى موزعه كالتالى : -

• ٢٧ مفاعلا من نوع الماء المفلز .

• ٦٣ مفاعلا من نوع الماء المضغوط .

• مفاعل واحد توالد سريع .

أما اذا نظرنا الى المفاعلات التي تم اشلؤها حتى نهاية عام ١٩٨٠ نحد أن عددها ١٠٧ مفاعلا نوويا موزعة كالتالى :

• ٣٦ مفاعلا من نوع الماء المفلز .

• ٦٨ مفاعلا من نوع الماء المضغوط .

• مفاعل من كل من الجرافيت - الحرارة العالية - تبريد العار .

من هذا العرض يتضح لنا تماما أن انتاج مفاعلات الماء المضغوط سيكون هو السائد .

وحيث ان الولايات المتحدة الأمريكية دولة منتجة لكل من اليورانيوم الطبيعى والتري كما أنها في الوقت الحالى احدى الدولتين العظيمتين اللتين تحتكران تكنولوجيا دورة اعادة استغلال الوقود فسيكون طبيعيا أن يشتمل التعاون معها على النحو التالى :

• توريد وتركيب المفاعلات النووية من نوع الماء الخفيف بشكل عام ونوع الماء المضغوط بشكل خاص .

• توريد اليورانيوم الغنى اللازم لتشغيل هذه المفاعلات .

• التعاون في مجال دوره اعادة استخدام الوقود .

هذا اضافة الى تقديم المساعدات الفنية اللازمه . أما بالنسبة لمفاعلات التوالد السريع فبى كثير من المراقبين ومنهم المؤلف - أن الولايات المتحدة سوف لا تنتجها على نطاق تجارى قبل عام ١٩٩٣ .

٣ - بالنسبة لمجال التعاون مع كندا :

يقترن اسم المفاعل الشهير « كاندو » باسم كندا وهذا المفاعل وكما ذكرنا آنفا يستخدم الماء الثقيل كهدى، واليورانيوم الطبيعى وأغلب الظن أنه سوف يلقي رواجاً عالمياً نظراً لأنه يعمل باليورانيوم الطبيعى المتاح عالمياً بدرجة أكبر من اليورانيوم المخصب والذي يقتصر انتاجه فى الوقت الحالى على الدولتين العظميين (وفى المستقبل القريب تنضم اليهما أوروبا الغربية) ومن ثم يتيح استخدام اليورانيوم الطبيعى الفاء احتكارات الدول الكبرى لليورانيوم الذى هذه اضافة الى أنه يعتبر من أكفا وأرخص المفاعلات النووية المتاحة تجارياً فى عالم اليوم وعليه يمكن أن يكون مجال التعاون مع كندا أساساً فيما على :-

• تركيب مفاعلات الكاندو •

تقديم الخبرات الفنية وخاصة فى مجال انتاج الماء الثقيل •

٤ - بالنسبة لمجال التعاون مع المملكة المتحدة :

اشتهرت المملكة المتحدة بمفاعلات « ماجنوكس » وهى تعمل باليورانيوم الطبيعى الا أنها تبرد بالغاز وتستخدم الجرافيت كهدى، وكان لها فضل كبير على البلاد لرخص تكاليفها الجارية (نصف أو أقل من نصف تكاليف التشغيل للمحطات الحرارية التى تعمل بالمازوت) ومع ذلك فقد وضعت المملكة المتحدة برنامجاً ثانوياً ثانياً يعتمد على مفاعلات أكثر تطوراً من مفاعلات « ماجنوكس » وهذه تبرد بالغاز وتعذى بوقود من أكسيد اليورانيوم العنى الا أنه ظهرت مشاكل فنية معقدة أثناء التشغيل • لذا نرى أن أفضل مجال للتعاون مع المملكة المتحدة سوف يكاد يكون مقتصر على تقديم الخبرات الفنية - وهى لا شك غنية - وقد يمكن الاستفادة بتركيب مفاعل أو أكثر من نوع « ماجنوكس » •

٥ - بالنسبة لمجال التعاون مع ألمانيا الاتحادية :

وألمانيا الاتحادية وإن كانت تنتج على نطاق تجارى مفاعلات الماء الخفيف بنوعيهما (المغلى والمضغوط) بتصريح من شركات أمريكية صاحبة التصميم وعليه يمكن أن يكون مجال التعاون معها هو التعاقد لتركيب مفاعلات من نوع الماء المضغوط اضافة الى تقديم الخبرات والمشورات الفنية •

٦ - بالنسبة لمجالات التعاون مع كل من السويد واستراليا :

لا تعتبر السويد أم استراليا من الدول الأساسية المنتجة للمفاعلات النووية الا أنها يمكن تقديم خدماتها في مجال توريده الوقود النووي (بالنسبة لاستراليا والتي ستكون احدى الدول الرئيسية المنتجة لليورانيوم ابتداء من عام ١٩٨٥) أو في مجال التخلص من النفايات النووية (للسويد خبرة متميزة في هذا المجال) .

أضواء على كل من مفاعلات الماء المضغوط ومفاعلات الكاندو :

في أول مراحل استخدام الطاقة النووية لتوليد الكهرباء كانت احدى المشاكل الرئيسية أمام مخططي صناعة المفاعلات النووية هي اختيار أنسب أنواع المفاعلات واستلزمته الاجابة على هذا التساؤل أن قامت بعض الدول ببناء مفاعلات تجريبية من كل نوع لتسجيل ملاحظاتها ووضع توصياتها ولآن ومنذ انشاء أول مفاعل نووي بالولايات المتحدة الأمريكية خلال عقد الخمسينات يمكننا أن نلاحظ وبشكل ملموس ما يلي :-

— أن مفاعلات الماء الثقيف وعلى الأخص مفاعلات الماء المضغوط اكتسبت جاذبية تجارية فقد لوحظ أن حوالى ٧٠٪ من خطة الولايات المتحدة بدءا من عام ١٩٨٣ بناء مفاعلات من هذا النوع هذا اضافة الى شعبيتها في أوروبا الغربية وغيرها من البلاد سواء المنتجة أو المستخدمة للمفاعلات النووية .

— أن مفاعلات الماء الثقيل الكندية و كاندو ، بدأت تكسب أرضا في حلبة سباق انتاح المفاعلات النووية لما لها من مزايا متعددة .

لذا مفاعلات الماء المضغوط ؟ :

١ - كما سبق وآن شرحنا في الفصل الأول أن الطاقة الحرارية المولدة داخل هذا النوع من المفاعلات تنتقل الى وسيط التبريد . ووسيط التبريد هنا عبارة عن الماء المادى (الخفيف) يحض داخل دائرة ابتدائية مغلقة وتحت ضغط عال ويحدث تبادل حرارى بين هذه الدائرة المغلقة ودائرة أخرى منفصلة عنها هي الدائرة الثانوية حيث يتولد البخار ومن هنا تأتي الأهمية الأساسية لهذا النوع من المفاعلات وهو الفصل بين بخار التوربين وبين مياه الدائرة الابتدائية المحملة بالإشعاعات النووية .

٢ - حيث ان هذا المفاعل يستخدم اليورانيوم الغنى (المخصب)

وبالتالى فحجم الوقود اللازم أقل من مفاعلات اليورانيوم الطبيعى وبطبيعة الحال ينعكس هذا على حجم قلب المفاعل ومن ثم حجمه الاجمالى وتكاليف انشائه ونقله .

٢ - لاستخدامه الوقود الغنى فيمتاز هذا النوع من المفاعلات بمعدل احتراق مرتفع .

وبالمقابل فلهذا النوع من المفاعلات عيوبه ولعل أهمها .

١ - استخدام اليورانيوم الغنى والذي لا تتوافر تكنولوجيا تجهيزه (رفع درجة تركيز يورانيوم ٢٣٥ فى اليورانيوم الطبيعى من ٠.٧٪ الى ٣٪) فى الوقت الحالى الا فى الدولتين المنظمين يجعل من استخدامه التعرض لمخاطر سياسية نتيجة احتكار مصادر الوقود اللازم لتشغيله .

٢ - لتزويد المفاعل بالوقود - شأنه فى ذلك شأن جميع مفاعلات الدول الغربية باستثناء مفاعل « الكاندو » - يستلزم إيقافه كلية لمدة حوالى ٦ أسابيع .

٣ - تجاوب البخار المنتج (كميته - ضغطه - درجة حرارته) مع تغيرات الاحمال الكهربائية بطيء .

لماذا مفاعلات الماء الثقيل « كاندو » :

١ - نظرا لاستخدام هذا النوع من المفاعلات لليورانيوم الطبيعى وكذلك استخدامه لمهدى من الماء الثقيل لذلك يعتبر هذا النوع من المفاعلات من أرخص - بل ربما أرخص أنواع المفاعلات المتاحة فى عالم اليوم من حيث اجمالى الاستثمار وتكاليف التشغيل .

٢ - نظرا لاستخدامه دائرة ثانوية لانتاج البخار فيعتبر البخار الناتج من وجهة النظر العملية - خاليا من التلوثات الإشعاعية .

٣ - يتيح تصميم هذا المفاعل تزويده بالوقود أثناء التشغيل دون توقف .

٤ - حيث انه يعمل باليورانيوم الطبيعى (وليس الغنى) وهو متاح على نطاق واسع عالميا مما يلغى احتكارات الدول الكبرى وبالتالى الضغوط السياسية كما أن خاماته متوافرة فى مصر وإن كانت لم تجر الدراسات الكافية لاستغلالها حتى تاريخه .

٥ - رغم أن تجاوب البخار الناتج مع تغيرات الاحمال الكهربائية بطيء نسبيا الا أنه أفضل من تجاوب مفاعلات الماء الخفيف .

ويقابل كل هذه التزايا عيوب أخرى منها :

١ - ان استخدام اليورانيوم الطبيعي ممناه زيادة حجم الوقود وبالتالي زيادة حجم قلب المفاعل وحجم المفاعل كلية - وإن كان ما يزال أقل من حجم مفاعلات الجرافيت . وعلى الرغم من كبر حجم هذا المفاعل عن نظيره من مفاعل الماء الخفيف إلا ان اجمالي تكاليف استثماراته وتكاليف التشغيل لا تزال مقبولة بل من أرخص المفاعلات .

٢ - نظرا لاستخدام دائرة ثانوية لتوليد البخار فإن كفاءة الانتقال الحراري أقل من مثيلاتها (مثل الماء المفل متلا) وبالتالي ضغط ودرجة حرارة البخار الناتج كذلك .

٣ - حيث ان وسيط التبريد (وهو نفسه المهدى) هو الماء الثقيل فلا يمكن تلافي فقدان كمية منه وهو أصلا باهظ التكاليف إلا أن ذلك يمكن معالجته بالتعويض .

٤ - حيث ان هذا النوع من المفاعلات يتطلب بناء أوعية ضغط تتحمل الضغط المرتفع وهذا يمثل في حد ذاته تحديدا للقدرات التصميمية للمفاعلات من هذا الطراز وعليه فإن القدرات التصميمية له تعتبر محدودة إلى حد ما .

مصادر الوقود النووي في مصر :

يوجد اليورانيوم في مصر مع خام الفوسفات أو منفردا في الصحراء الغربية شمال بحيرة قارون كما يوجد في الصحراء الشرقية بشبه جزيرة سيناء في منطقتين هما :

- الأولى في الطرق الشمالية لشبه الجزيرة المحاذي لساحل البحر الأبيض المتوسط .

- وفي الرصيف القارى .

- والثانية جنوب غرب شبه الجزيرة في منطقة تمتد من خليج السويس الى الكتل الجبلية الضخمة بجنوب شبه الجزيرة .

وفي المنطقة الأولى توجد رواسب تحمل موارد الثوريوم والزركونيوم والتيتانيوم ومصادر هذه الموارد الرسوبية هو نهر النيل من ناحية وادى العريش وغيره من الوديان التي تنبع من شمال سيناء من ناحية أخرى .

ومى المنطقة التاية جسوب غرب سيماء توجه مواقع لليورانيوم
وهناك مؤشرات الى امكانية وجود مواد نووية جيدة بهذه المنطقة • ولكن
لا توجد - وحسب معلومات المؤلف - أبحاث تبين بصغة قاطعة الاحتياطيات
المؤكدة منها •

وجدير بالذكر ان التنقيب عن اليورانيوم وانتاجه واعلاده كوقود
نووى يحتاج الى فترة زمنية لا تقل عن ٨ سنوات أما أعقد عملياته ومى
تركيز اليورانيوم ٢٣٥ لتصل نسبته من ٧٠٪ الى ٣٪ فهى متاحة فقط
حاليا للدولتين العظيمين وان اهتمت أوروبا الغربية أخيرا بهذا الموضوع
وأقامت مصمما كبيرا يتكلف ما يقرب من ٣ بلايين دولار أمريكى وبطبيعة
الحال سيكون بيع اليورانيوم الفنى خاضعا لاتفاقيات دولية كما يجب أن
تذكر هنا الى أن النمايات النووية المتخلفة داخل المفاعلات تحتوى على عنصر
البيلونيوم الذى يستخدم فى صناعة القنابل النووية ومن ثم يجعل عملية
الرقابة الدولية عملية أساسية للسلام العالمى • أما الماء الثقيل فيمكن
انتاجه فى مصر كمادة ثانوية فى التحليل الكهربائى للماء فى الصناعة كما
يحلت فى مصانع السماد بأسيوان •

حادث المفاعل النووى بولاية بنسلفانيا الأمريكية

دراسة تحليلية

مما لا شك فيه ان حادث المفاعل النووى « ثرى مايلر آيلاند » فى ولاية بنسلفانيا الأمريكية الساعة الرابعة من صباح يوم ٢٨ مارس ١٩٧٩ قد لاقى رد فعل كبير بين جميع الأوساط السياسية والعلمية والهندسية فى جميع أنحاء العالم مما انعكس أثره بدون شك فى اعطاء دفعة قوية لزيادة عوامل الأمان فى المحطات النووية هذا الى جانب رد الفعل الجاهلوى ممثلا فى السلطات التشريعية ومطالبة الحكومات بالمزيد من الدراسات والضمانات الكافية قبل السماح باقامة أية منشآت نووية جديدة لمنع تكرار مثل ذلك الحادث .

سنتناول هنا تفاصيل هذا الحادث مع دراسة تحليلية للأسباب من ورائه واستخلاص العبر من ذلك الدرس .

أولا : الحالة قبل وقوع الحادث :

كانت وحدة المفاعل رقم ٢ تعمل بقدرة ٩٧٪ من القيمة التصميمية وكانت معظم الأحوال تبدو طبيعية وبالإشارة الى الشكل رقم (٦ - ١) نجد ان الماء يضيخ خلال قلب المفاعل (١) حيث يستخن تحت ضغط يمنعه من الغليان ثم يمر من قلب المفاعل الى مولد البخار أو التلاية (٢) حيث يحدث التبادل الحرارى وخلال هذه المبادلة الحرارية تتحول المياه الى بخار لدوران التريينة البخارية (٣) أما دائرة المياه التانوية المغلقة

ثانيا : بداية الحادث :

أثبتت الدراسة التحليلية للحادث انه وقع ثلاثة أخطاء ، وليس خطأ واحداً - أولها انه كان هناك تسرب مستمر من المفاعل وكان هذا التسرب معروفا لدى العاملين بالمحطة من انه خارج وعاء الضغط Pressurizer (٦) من خلال إما بلف التمدد (٧) Relief Valve والذي كان يعمل بصورة غير طبيعية - أو من خلال واحدة أو كل من بلف أمان وعاء الضغط (٨) وسيط التبريد المتسرب هذا كان يتساقط الى خزان تضايفي المفاعل (٩) - وكل من محابس الأمان والتمدد مصممة - وحسب تسميتها للتخلص من الضغوط العالية داخل مجموعة وسيط التبريد محابس (بلوف) الأمان تفتح آليا عند حدوث ضغط عال وكذلك فان محبس التمدد الكهربى يفتح آليا لمنع عمليات العتج غير الضرورية لمحابس الأمان وجميع هذه المحابس مصممة بحيث يتجمع وسيط التبريد المتسرب والذي من الممكن ان يكون مشعاً - الى منطقة آمنة وهى خزان المصافي - وكانت المشكلة هى انه - وعلى الرغم من ان وسيط التبريد Coolant قد تم تسريبه من محابس الأمان أو محابس التمدد - فان منسوب المياه داخل وعاء الضغط (Pressurizer) وكذلك الضغط داخل مجموعة التبريد فى المفاعل كان يحافظ الفتيون على ان تبقى فى مستواها الطبيعى وعليه فلم يكن هناك ما يسبب ازعاجهم نتيجة لتسرب وسيط التبريد علاوة على ذلك فقد استنتج هؤلاء الفتيون خطأ أن هذا التسرب فى حدود المسموح به بينما هو فى الحقيقة تخطى هذه الحدود - وعلى الرغم من ان ذلك لا يعنى ان مجموعة التبريد فى قلب المفاعل تعاني من فقدان خطير فى وسيط التبريد الا ان هذا التسرب لعب دورا هاما فى تطوير الأحداث على الأقل من ناحية واحدة وهى ان التسرب خلق مؤشرات حرارية مبهمة فى مواشير الصرف الا ان هذا التسرب أخفى وراءه تسربا خطيرا لوسيط التبريد -

المسألة الثانية وهى ان المحسبين رقم (١٠) كانوا مقفلين وبدون علم الفنيين المسئولين عن التشغيل سهوا وذلك عقب عملية صيانة قبل الحادث بيومين وهذا على عكس وضعهما الطبيعى وحيث ان هذين المحسبين فى دائرة مياه التغذية المساعدة وقطعا ان مياه التغذية الرئيسية انقطعت منذرة بالحادث وطبقا لتصميم دوائر المفاعل فينبغى أن يكون ضخ المياه من خزان المتكاثف رقم (١١) ولكن غلق هذين المحسبين (١٠) منع وصول مياه التغذية المساعدة أى باختصار انقطعت المياه نتيجة للتسرب ودائرة المياه المساعدة كانت مقفلة -

المسألة الثالثة : وكانت معروفة تماما للفنيين وكانوا يعملون بها لمدة احدى عشرة ساعة قبل الحادث وخلال هذه الفترة كان اثنان من مراقبي الوردية مع الفنيين الآخرين المساعدين ينقلون الراتنج (القلغونية) Resins من الخزان (١٢) الى دائرة المتكاثف وهذه الراتنجات تقوم بتغذية مياه التغذية من الاملاح المعدنية والتي ينبغي بطبيعة الحال ان تكون نقية . والمسألة الثالثة جاءت أثناء انحباس ظاهري للراتنج في حط تحويل (ماسورة تحويل) مما ينتج عن ذلك دفع المياه في اتجاه عكسي الى مواسير الهواء الخاصة بمضخات المتكاثف (١٣) وتفصيل ذلك لا نهمنا حاليا وخاصة ان ذلك قد حدث من قبل مرتين . ولكن المهم هنا هو ان الفنيين - أثناء محاولتهم تخليص الراتنج الذي انحبس داخل ماسورة التحويل تسببوا في إيقاف إحدى طلبيات (مضخات) المتكاثف وكان ذلك في الساعة الرابعة صباحا و ٣٦ ثانية وخلال ثانية واحدة توقفت مضخات مياه التغذية الرئيسية وذلك حسب النظام المصمم مسببة انقطاع المياه عن مولدات البخار والإيقاف الفوري (تقريبا في نفس اللحظة وفقا للنظام المصمم) للتربة الرئيسية وكان الحادث الشهير الساعة الرابعة و ٣٧ ثانية .

انقطاع مياه التغذية المساعدة :

خلال ثانية واحدة من انقطاع مياه التغذية وما صاحبها من إيقاف التربة الرئيسية عملت (اشتغلت) الثلاث مضخات لدائرة مياه التغذية المساعدة (١٥) وفقا للنظام المصمم ووصلت الى ضغطها الكامل بعد (١٤) ثانية من الحادث وبطبيعة الحال فإن الغرض من ذلك هو تعويض انقطاع مياه التغذية الرئيسية لمنع مولد البخار من الجفاف ولسوء الحظ وكما ذكر سابقا فإن المحابس بين دائرة مياه التغذية المساعدة ومولد البخار كانت مغلقة قبل وقوع الحادث سهوا ب ٤٨ ساعة ونتيجة لذلك انقطعت مياه التغذية المساعدة ولقد استغرق الأمر ٨ دقائق من الفنيين لاكتشاف هذا السبب . ولكن ربما يمن للسائل ان يسأل « هل كان انقطاع مياه التغذية المساعدة عاملا رئيسيا في الحادث » ويرد خبراء شركة بابتوك وولكوكس التي قامت ببناء المفاعل على هذا التساؤل بالإيجاب لأنه لو لم تنقطع مياه التغذية المساعدة لظلت درجة حرارة وسيط التبريد مستقرة لحين تصحيح مسألة مضخات المتكاثف لتعود مياه التغذية الى تدفقها الطبيعي والخلاصة فانه بدون مياه داخلية الى مولد البخار وبدون بخار خارج منه معنى ذلك انه خلال الثواني الأولى لانقطاع المياه تظل كمية الحرارة في وسيط التبريد ثابتة . درجة حرارة وسيط

التبريد للمفاعل ارتفعت مسببة تمدد الوسيط وخلق ضغط متزايد في جميع أجزاء المجموعة . وبعد زمن يقدر من ٣ الى ٦ ثوان وصل الضغط الى الحد الذي عنده يفتح بلف التمدد .

وبذلك استمرت المجموعة تعمل تماما - وفقا للتصميم الموضوع اى ان فتح محبس التمدد كان ميكانيزما للتحكم صمم خصيصا لمنع حدوث ضغط زائده داخل المفاعل وعنده فتحه تتسرب كمية كافية من وسيط التبريد حتى يعود الضغط لحالته الطبيعية . ولكن قبل حدوث ذلك استمر ضغط المجموعة فى الارتفاع لمدة ثانيتين وصلت الى حد الفصل الآلى للمفاعل بعد ٨ ثوان من الحادث . وعنده التقاط اشارة الفصل سقطت قضبان التحكم داخل قلب المفاعل منهية بذلك التفاعل النووي وموقفة للمفاعل خلال ثانية واحدة ولكن ظلت هنالك مسالة التخلص من الحرارة المتبقية داخل قلب المفاعل .

بداية فئان (ضياع) وسيط التبريد :

على الرغم من ان قلب المفاعل كان ما زال ساخنا جديدا عقب فصل المفاعل الا انه كان هنالك حسب المتوقع - ما تبع ذلك من انخفاض فى درجة الحرارة وكذلك ضغط مجموعة وسيط التبريد بينما كان وسيط التبريد يتسرب من خلال محبس التمدد المفتوح ثم حدثت واحدة من أكثر الحوادث المتوالية أهمية :

فبعد حوالى ١٣ ثانية عاد ضغط مجموعة وسيط التبريد الى المستوى الطبيعى ومن ثم كان ينبغي أن ترسل اشارة الى محبس التمدد للاقفال الآلى ومن ثم ليضع حدا لفقدان وسيط التبريد فى حجرة المراقبة تبين ان الاشارة أرسلت فعلا بينما ظل المحبس مفتوحا .

ولكن هناك شيئان مؤكدان وهما أولا كان على الفنيين ان يوقفوا المحبس (١٦) يدويا وبالتالي يمكن التخفيف من اثر عدم اقفال محبس التمدد ومن ثم منع اتلاف قلب المفاعل كلياً وثانيا بسبب ان المحبس (١٦) ظل مفتوحا فقد حدث ضياع كبير لوسيط التبريد لمدة تزيد على ساعتين مما كشف (عرى) قلب المفاعل وأدى ذلك الى تسرب اشعاعات أولا الى المبنى المساعد (الملحق) ثم أخيرا الى الجو الخارجى . هنالك طريقة ثانية لتحديد وضع المحبس وذلك بقراءة درجة الحرارة داخل المواسير التى تصل بين المحبس وخزان المصافي فمتلا درجة الحرارة العالية بطريقة غير عادية تشير الى وجود تهريب فى مياه أو بخار المفاعل والحقيقة فان

مثل هذه القراءات قد أخذت فعلا وثبت انها عالية ولكن المعتقد هو ان ذلك بسبب تسرب من المحبس الأمر الذى كان معروفا للفنيين قبل الحادث .

طريقة ثالثة لتحديد ما اذا كانت كمية وسيط التبريد التى تسربت من خلال محبس التمدد كبيرة أم صغيرة وذلك بمعرفة مؤشر الضغط داخل خزان المصافى والحقيقة فان هذا الضغط كان متزايدا دوما مع تسرب وسيط التبريد من خلال محبس التمدد لحين حوالى ثلاث ونصف دقيقة بعد الحادث عندما ظهر ان محبس التمدد (١٧) الخاص بجران مصافى وسيط التبريد ارتفع علالة على ذلك - وبتطور الأحداث من سبيء الى أسوأ - فان محبس التمدد الخاص بخزان المصافى لم يكف لتسريب و تبريخ ، الضغط المتزايد لوسيط التبريد المتسرب الى المصافى وبعد ١٥ دقيقة من الحادث انفجر القرص (١٨) . وهذا مصمم بحيث يفجر لحماية خزان المصافى من الارتفاع الخطير فى الضغط ونتيجة لهذا الانفجار خرجت كمية من وسيط التبريد الى البالوعة (١٩) . ومنها الى المبنى الملحق حيث انضمت الى سلسلة من خزانات العبايات المشعة (٢٠) ويبدو ان هذه الخزانات امتلأت حتى ان الاشعاعات تسربت خارج المبنى .

كل هذا كان يمكن قطع الطريق عليه لو أن أيا من الفنيين نظر فقط الى مؤشر الضغط فى خزان المصافى وعلى كل فهذا المؤشر كان فوق لوحة خلف لوحات غرفة المراقبة الأولية والتى يبلغ ارتفاعها ٧ أقدام والتى وضعت عليها كل الأجهزة الحساسة ومن الواضح انه كان للفتيز عذو كاف فى خلال هذه الدقائق المبكرة للحادث حيث سها وقاب عليهم حقيقة التسرب المستمر من خلال محبس التمدد ولكن كان هنالك اشارات أخرى لتسرب خطير لوسيط التبريد ويمكن القول بأن الفنيين لم يتحققوا من ان هنالك فقداناً « ضياعاً » لوسيط التبريد من خلال محبس التمدد الا بعد ١٤٢ دقيقة من وقوع الحادث وبعد مضي هذا الوقت فقط أقفلوا محبس التمدد (١٦) . ولكن للأسف بعد ان ساءت الأحوال ووصلت الى نقطة اللاعودة .

الفشل تعويض الضياع فى وسيط التبريد :

جميع المفاعلات النووية مصممة بحماية ضد الانهيار فى حالة ضياع وسيط التبريد من قلب المفاعل . والمفاعل فى هذه المحطة له نظامان للطوارئ (ضغط عال وضغط منخفض) بالنسبة لمجموعة وسيط

التبريد • وستتناول مجموعة الضغط المنخفض فيما بعد أما بالنسبة لمجموعة الضغط العالي فهي تتكون من خزان للمياه رقم (٢١) وثلاث مضخات ضغط عال للحقن رقم (٢٢) وحسب ما يدل اسمها - فهي يمكن أن تحقق وسيط التبريد - في حالة الاضطراب - مباشرة الى مجموعة وسيط التبريد الخاص بالمفاعل • وعندما انخفض ضغط مجموعة وسيط التبريد للمفاعل بسبب فتح محبس التمدد وترتب على ذلك وصوله الى مستوى بدأت معه طلبات الحقن الاضطرابي عملها وبالتالى قامت بعملها فى توصيل المياه الى مجموعة وسيط التبريد وبدأ ضغط الأخيرة فى الارتفاع مرة ثانية • ولو تركت هذه المضخات لتقوم بعملها كما هو مصمم لأمكن منع وقوع الحادث • ولكن بعد حوالى $\frac{4}{7}$ دقيقة أخطأ الفنيون خطأهم الثانى الكبير وهو أنهم قفلوا جزئيا محبس الطرد على احدى المضخات بينما أوقفوا الآخرين تماما • ولم يمض الا ٣ ساعات وأربعون دقيقة من بدء الحادث الا وعكسوا ما فعلوا • وعند ذلك بدأت المضخات فى العمل آليا نظرا لارتفاع الضغط داخل المفاعل (٤ رطل / بوصة مربعة) وعلى الرغم من ذلك أوقف الفنيون المضخات مرة أخرى واستمروا فى تجاهلها على الأقل لحين مرور $\frac{4}{7}$ ساعة منذ بداية الحادث عندما استعملوا مضخات الضغط العالي بصورة مستمرة لحقن وسيط التبريد بمعدل عال لمجموعة التبريد الخاصة بقلب المفاعل وبذلك - كما هو فى حالة قفل المحبس (١٦) - كان التلف قد حدث • لماذا أقفل الفنيون - ولو جزئيا - محابس طرد مضخات الطوارئ والتي كانت تقوم بعملها ؟ • الاجابة معقدة بدون شك • عندما فتح محبس التمدد كان البخار داخل وعاء الضغط أول ما تسرب وحسب ما يمكن ان يكون متوقعا لا بد ان كمية من وسيط التبريد اندفعت لتحل محل البخار الذى تسرب •

وسبب ذلك فى ان « بيان المنسوب » ارتفع لحين بعد وقوع الحادث بحوالى ٦ دقائق اختفى المنسوب أى أعلى من المقياس مبينا ان الوعاء أصبح مليئا تماما بالماء • ويسمى الفنيون ذلك « بالوعاء المصمت » وفى هذه اللحظة كان الفنيون قد تدبروا على تجنب ذلك بقطع الماء المضاف الى مجموعة وسيط التبريد • ولكن الذى لم يتحقق منه الفنيون هو ان المجموعة لم تكن مملوءة بوسيط التبريد • فبينما كان منسوب وسيط التبريد داخل وعاء الضغط عاليا جدا الا ان وسيط التبريد داخل مجموعة التبريد أصبح خليطا من البخار والماء مع نقصان سريع فى كمية الماء •

والذى كان يحدث هو ان النقص فى كمية وسيط التبريد والتسخين الزائد والنتائج عن ذلك فى الملاحظات الأولى من الحادث قد خلقت فجوات

(فقاعات) فى مجموعة تبريد المفاعل والتي كانت تغطى شعورها كاذباً بأن المجموعة مملوءة بوسيط التبريد . وكان هذا المنسوب المالى لوسيط التبريد داخل وعاء الضغط بشكل جزئى هو الذى قاد العنيتين الى علم التساؤل عما اذا كان هنالك تسرب لوسيط التبريد من عنده ومن سخريات القدر انهم كانوا لا يعلمون حينذاك ان مجموعة التبريد هذه أصبحت نتيجة لنقص الوسيط - كتلة من البخار المشبع والمحمص .

نقطة اللاعودة :

يدرسه وتحليل هذا الحادث فانه لا يمكن بأية حال تبرئة العنيتين العاملين بهذه المحطة من جريمة الإهمال - على الأقل - عندما تجاهلوا النظر الى مؤشر الضغط فى خزان المصافى . او نتيجة الارتباك الشديد عندما أوقفوا مضخات تعويض وسيط التبريد . وأستطيع أن أقول انه وعلى الرغم من التقدم التكنولوجى الذى أحرزته الولايات المتحدة فى مجال هندسة المفاعلات الا ان مثل هذا الإهمال والخطأ الشنيع الذى وقع فيه المسئولون عن تشغيل هذه المحطة لم يعرف نظير له فى محطات التوليد الحرارية بجمهورية مصر العربية مع تقديرى للهوة التكنولوجية بين الدولتين .

ونعود ثانية الى هذا الحادث لنقول ان القصة التى قصبت ظهر البعير أو نقطة اللاعودة قد حانت بعد حوالى مائة دقيقة من بداية الحادث فبحلول الساعة الثالثة كان قلب المفاعل تالفا بشكل خطير . فى هذا الوقت كان الوعاء الخاص بعناصر الوقود المشع من مادة زيراك الرى . كاد يتلف نتيجة لأكسدهته بالبخار . وهذا قد عرض البخار ووسيط التبريد لمنتجات الانشطار النووى المشعة . فمن حوالى ١٤٠ ميكاكورى الساقطة (م ك) . س . (MCI) . من عنصر الاكزينون داخل قلب المفاعل فان ١٠ م ك . س . كانت قد تسربت الى الجو المحيط بالمفاعل . ولكن من نفس الكمية من عنصر ايوردين ١٣١ تسربت فقط ١٥ ك . س . (15 CI) وهذا وفقاً لأرقام لجنة التنظيم النووية .

وكما هو معلوم فان عنصر الاكزينون أقل خطراً بكثير من عنصر الايوردين . فلو حدث - ونحمد الله أنه لم يحدث - ان تسربت كمية من الايوردين بنفس قدر تسرب الاكزينون لوصل الحادث الى درجة رهيبة من الاهلاك . ويرجع سبب تسرب كمية أقل من الايوردين الى ان معظم التلف فى قلب المفاعل كان أصلاً فى الحشو (البطانة) والتى هى اصلاً لا تسمح للغازات النشطة بالتسرب . أما الايوردين فقد تسرب نتيجة لتلف كريات

الوقود . ولكن هذا التلف في هذه الحادته ليس كبيرا علاوة على أن كمية كبيرة من الايودين الذى تسرب امصبتة المياه المتسربة والى ارتفعت امكانيتهما للامتصاص نتيجة للاضافات بها . كما ان بعض الايودين قد تم عزله عن الغازات الأخرى بفعل الهوايات المزودة بمرشحات (فلاتر) الفحم الحجرى ولكن لا المياه ولا المرشحات أمكنها ان توقف تسرب الاكزينون ولا حتى الغازات الثبيلة .

ولكن قبل تجاوز فترة المائة دقيقة كان مازال هناك اربع امكانيات واضحة لتجنب ذلك وهي :

- ١ - كان في امكان الفنيين اقفال محبس التمدد .
- ٢ - كان لا ينبغي اطلاقا خنق (تشعير) محابس الطرد لمضخات الضغط العالي التى تقوم بحقن وسيط التبريد الى مجموعة الطوارئ .
- ٣ - كان يمكن للفنيين اعادة تشغيل هذه المضخات في وقت ما قبل مرور المائة دقيقة .
- ٤ - كان يمكن للفنيين ترك مضخات وسيط التبريد أن تستمر في عملها .

ففي الدقيقة ٧٤ أوقف الفنيون تماما نصف مضخات وسيط التبريد الأربع . وفي الدقيقة ١٠١ أوقفوا النصف الباقي . وكان تحليل الفنيين - وبدون مواربة - انه عندما انخفض الضغط ظهر لهم انخفاض يتفق سائل التبريد بالتعبية وفي نفس الوقت كان يصدر اهتزازات عالية من المضخات نفسها .

وكما ذكروا في التحقيق فان وقوفهم داخل غرفة المراقبة جعلهم يشعرون بذلك .

وعلى كل فانه - وبدون عمل المضخات - وبقليل من وسيط التبريد المتبقى بعد الضياع فان الماء انفصل عن البخار وأوقف التدفق كله حتى داخل وعاء المفاعل . وبعد حوالى ساعتين ونصف ارتفعت حرارة قلب المفاعل بمعدل سريع نتيجة لتعرية القلب . وفي الفترة من ١٤٩ دقيقة حتى ٧٥٠ دقيقة (اى ١٢ ساعة) بعد الحادث كانت مؤشرات الحرارة قد تجاوزت نهاية المقياس (المحدد ب ٦٢٠ درجة فهرنهايت) . وفي الحقيقة فانه بعد الحادث بحوالى من ٤ الى ٥ ساعات فان الفولتمتر الرقوى أشار الى أن الحرارة وصلت الى درجة ٢٥٠٠ درجة فهرنهايت وعليه لم يكن داخل مواسير تبريد المفاعل الخارجة سوى جو من البخار المحمص وبعض الهيدروجين غير المتكاثف . وكان التلف حقيقة ثابتة .

بداية منذ دقيقة واحدة بعد الحادث بدأ بعض الهيدروجين يعضل عن سائل التبريد الذي تراكمت حرارته من خلال فتحة التهوية في محبس التمدد المفتوح إلى داخل مبنى المفاعل . وهذا في حله ذاته يمكن اعتباره غير ذي أهمية كبيرة لأن حجم المبنى الذي يحيط بمفاعل ماء مصحوف مثل هذا المفاعل - من الضخامة بحيث أن مثل هذه الكمية القليلة من الهيدروجين المتسرب لا تعتبر ذات أثر ضار ملموس . ولكن النجوى المصنوع مالبخار على الحرارة والذي نشأ نتيجة كشف قلب المفاعل مما نتج عن ذلك من تفاعل كيميائي بين البخار المتدفق وبين معدن الزرك الولى والذي يبط عناصر الوقود . وهذه هي الحالة التي يمكن في حالة هذا النوع من المفاعلات أن تولد كميات كبيرة من الهيدروجين الزائد عن الحد والتي بدأت بعد $3\frac{1}{4}$ ساعة من وقوع الحادث . وتسرب جزء من هذا الهيدروجين إلى مبنى المفاعل وجره ثاب منه انحبس داخل وعاء المصاعل نفسه ومن ثم تكونت تلك الفقاعة الشهيرة وجره ثالث تسرب إلى مجموعة التبريد . وهذا الجزء الأخير مع البخار المتولد جعل الجهود التي بذلت لإعادة الوصل إلى طبيعته أكثر تعقيداً .

ولكن ما أقترح باحثى التنظيم النووى NRC بدرجة أكبر هو وجود فقاعة الهيدروجين في وعاء المفاعل في الساعات الأولى من الحادث وكذلك الهيدروجين في داخل مبنى المفاعل ولقد أكد حبير شركة بابلوك وولكوكس التي قامت بتصميم وتركيب المفاعل أنه لاخوف من حدوث انفجار نتيجة لوجود هيدروجين محتبس داخل وعاء المفاعل وذلك لعدم وجود كمية الأكسجين اللازمة لهذا الاحتراق والأخطر من ذلك هو جيوب الأكسجين بعد حوالى $9\frac{1}{4}$ ساعة من وقوع الحادث لتشمعل الهيدروجين داخل مبنى المفاعل - كما أشار لذلك الارتفاع اللحظى لقياس الضعة (ووصل إلى ٢٨ رطل / بوصة مربعة) . والواقع ان المبنى قد بحمسل ذلك - وحسب تصميمه - هو الذى جعل هيئة NRC تتحمس لفكرة تكوين الهيدروجين داخل المفاعل .

وفي حادثتنا هذه حاول الفنيون بعد ذلك تخفيف الضغط داخل المجموعة وكأجراء وقائى فقد تم تزويد المفاعل بخزانات فائض الاستقبال (النبى) الخارج من قلب المفاعل .

وكان الامل يحدو الفنيين أن يصلوا إلى هذا الضغط الذى حده تفتح هذه الخزانات وهذا بدوره من شأنه أن يقوم بتشغيل نظام معمص لتتخلص من الحرارة والذى من شأنه تبريد وسيط التبريد نفسه وذلك بتدفق مياه نهر « ساسكوى هنا » داخل مبادل حرارى . ولكنهم تخلوا

عن هذه المخططات عندما تحقق لهم أنهم لن يستطيعوا الوصول بالضبط الى درجة محفصة بما فيه الكفاية ويمكن معها بدء تشغيل خزانات الفائض ومضى من ٥ الى ٦ ساعات دون تحليل لهذه الأزمة ويبدو ان تلك الفترة من الصعق الشخصي والتي امتدت طويلا قد ساعدت على تسرب غاز الهيدروجين من مجموعة البريد - اضافة الى الهيدروجين - والذي سبق سربه من محبس السعد المفتوح في داخل المبنى الحاوي Conamnt Building حيث اشتعلت * فان هذا الهيدروجين الذي تسرب بعد ذلك كان كافيا لأن يساعد الصبي في أولى خطوات نجاحهم . ولكن بعد مرور ١٣/٢ ساعة بدأوا تشغيل مصحات تبريد المفاعل * وبعد ١٥ ساعة وحسب دقيقة من الحادث - وبناء على هذه البداية السليمة نكونوا من تشغيل المضخة الثانية * ومنذ تلك اللحظة كانت المسألة مسألة وقت حتى تستقر الأحوال .

هل تأثر الرأي العام الأمريكي بهذا الحادث :

كان - وحتى قبل وقوع هذا الحادث - المضي في استخدام الطاقة النووية تقيده اعتبارات جماهيرية الى جانب الترام الحكومات جانب الحذر الذي تمليه التحديات الكبيرة متيلورة في التساؤلات عن تأمين سلامة المفاعلات النووية . وهذا بطبيعة الحال أصبح أكثر إلحاحا بعد هذا الحادث .

وعلى الرغم من كل ذلك فهي استفتاء سُمي أجرته الـ ABC News في مايو ١٩٧٩ أي بعد أقل من شهرين من وقوع الحادث تبين ان ٥٢٪ من الرأي العام الأمريكي يؤيد بناء محطات نووية بينما عارض ٤٢٪ . كذلك في استفتاء بين أعضاء معهد المهندسين الكهربائيين والالكترونيين والمنتشرين في جميع انحاء العالم تبين ان ٨٣٪ منهم يرون استخدام وتطوير المحطات النووية ولم يعارض الا ١٣٪ .

وخلاصة الرأي فان الطاقة النووية يمكن ان تسهم اسهاما فعالا في امداد العالم بالطاقة . وهذا الاسهام حاليا اقلية بشكل طاقة كهربائية وعلى كل ففي المستقبل ستكون هنالك دوافع لامداد جزء من هذه الطاقة في تطبيقات الحرارة المنخفضة والعالية . وهناك مجال يمكن الاستعداد فيه بالطاقة النووية وهو مجال « صناعة الوقود الصناعي في الحالة المائية » ولقد امكن فعلا لاحدى مجموعات العمل في « جوليئش » من تقدير الوفرة نتيجة لاستخدام الوقود الصناعي محل البترول والغاز الطبيعي عام ٢٠٢٠ بحوالي ١٠ بلايين طن من البترول والغاز الطبيعي المكافئ اذا ما

استخدمنا مفاعلات الحرارة العاليه والتي تبرد بالغاز وذلك لتحويل الفحم الى
الى هيدروكربون فى الحالة المائية وهذا يستلزم استهلاك حوالى نصف
هذه الكمية من الفحم مع حوالى ربع مليون ميغا جرام من اليورانيوم وهذا
جزء بسيط من الاحتياجات المقدرة لتوليد الطاقة الكهربائية اللازمة .

الوضع الحالى والمستقبل للطاقة النووية :

حسب التقديرات التى وردت بوقائع المؤتمر العالمى العاشر للطاقة
والذى انعقد بمدينة اسطنبول فى سبتمبر ١٩٧٧ فان الطاقة النووية
تمتد العالم - فى عام ١٩٧٧ - ونعتقد أنها لا تحتل كثيرا الآن بحوالى
٤ ٪ فقط من احتياجات العالم الكهربائية . ومعظم هذه النسبة بالدول
الصناعية المتقدمة .

ولتقدير « كم يمكن للتكنولوجيا النووية أن تحل محل التكنولوجيا
التقليدية فى انتاج الطاقة الكهربائية فقد امكن للأساتذة « د فيشر وبراي »
(الناشر جون ويل عام ١٩٧١) عمل نموذج رياضى مبسط للإجابة على
هذا السؤال باستخدام بعض نظريات التنبؤ واتضح منه ان هذا الجزء
سيكون أقل قليلا من ٥٠ ٪ ولو أن مصادر أخرى تقدر المساهمة بحوالى
٦٥ ٪ عام ٢٠٢٠ وعلى كل حال ازاء الارتفاع الكبير فى اسعار البترول
وقرب نضوب مصادره مع الاتجاه الاقتصادى لاستخدامه فى صناعات
البتروكيماويات فى نفس الوقت مع ارتفاع معدلات استهلاك الطاقة تجعل
البديل النووى هو تقريرا البديل الوحيد أو على الأقل الأساسى لمواجهة
الطلب العالمى على الطاقة ولا سيما وان مصادر الطاقة الأخرى المتجددة
لا يمكن لها أن تقابل أكثر من ٢ ٪ « حسنة » فقط على الطلب العالمى على
أقصى تقدير وذلك عام ٢٠٢٠ .

حل المعادلة :

ازاء الضرورة المستقبلية الملحة لاستخدام الطاقة النووية لمقابلة الطلب
العالمى على الطاقة بحيث أصبحت هى فعلا أمل البشرية فى هذا المجال .
وازاء التحديات الجاهيرية وحذر الحكومات اتجاه التصريح باقامة منشآت
نووية فيمكن حل هذه المعادلة الصعبة بالسير قلما فى تنفيذ البرامج
النووية مع الأخذ فى الاعتبار الحل الجذرى للمشاكل التالية :

(١) التخلص بطريقة آمنة من النفايات الذرية فيمكن وضع نواتج الانشطار
النووى داخل أوعية خاصة ودفنها داخل تربة رملية مرطبة بالماء فى
مكان لا تمتد اليه الأيدي .

(ب) ضمان نقل التغذية الكهربائية بكفاءة مقبولة من المحطات النووية الى مراكز الاحمال حيث ان هذه المنشآت تكون فى مواقع متطرفة بعيدا عن المراكز الصناعية والسكانية .

(ج) لايد من الاستغناء وفك المحطة النووية بمجرد انتهاء عمرها الافتراضى بعكس ماقد يحدث مع المحطات الحرارية التى تعمل بالفحم أو المازوت .

(د) اعادة النظر فى صناعة الاجهزة والمعدات المستخدمة فى المحطة بحيث تكون مأمونة ضد تسرب الاشعاعات داخاها .

(هـ) وضع قواعد (أو لوائح) تمنع الاعتبارات المالية من أن تفرض قيودا على طرق التصميم أو التشغيل عملا بمبدأ السلامة قبل كل شئ .

اما بالنسبة لخطورة المحطات النووية على العاملين فيذكر البروفيسور « فوستر » (نائب رئيس اللجنة القومية الكندية لمؤتمر الطاقة العالمى) ان هذه لا تتجاوز نسبتها ما يتعرض له الانسان أثناء سعيه اليومى . وهذا بطبيعة الحال مع افتراض اخذ عوامل الامان - - - - - التى ذكرنا بعضها اعلاه - - - فى الحسبان .

تعريفات وردت بالكتاب

تيرا = ألف بليون = 10^{12}

جيجا = بليون = 10^9

ميغا = مليون = 10^6

كيلو = ألف = 10^3

١ كواد = مليون بليون (10^{15}) وحدة حرارة بريطانية

= ١٨٠ مليون برميل في النفط

= ٤٢ مليون طن (أو ٣٨ مليون طن متري) من الفحم
البتوميني

= ٢٧ جيجا متر مكعب من الغاز الطبيعي

١ طن فحم مكافئ = ٧ جيجا كالورى

= ٢٩٣ جيجا جول

طن نفط مكافئ = ٤٤ جيجا جول

(اكساجول) = مليون تراجول = 10^{18} جول

= ٢٢٧ مليون طن نفط مكافئ

متطلبات محطة قوة كهربائية قدرتها ١٠٠٠ ميجاوات كهربى وتعمل بمعامل
سعة (٧٥٪) هي : -

- ٣٣ طن (٣٠ طن متري) من اليورانيوم

- أو ٢٣ مليون طن (٢١ مليون طن متري) من الفحم

- ١٠١ مليون برميل من الزيت الثقيل (المازوت)

- أو ١٨ بليون متر مكعب من الغاز الطبيعي

أما مكافئات وحدة الطاقة الكهربائية - ١ ك.و.س فهي

– الطاقة اللازمة لرفع ١٠ طن مترى لمسافة ١١٧/٤ قدم .

– أو الطاقة التى يستهلكها فى المتوسط شخص ما خلال ٢٤ ساعة .

– أو الطاقة الحركية لسيارة وزنها ١١/٤ طن تجرى بسرعة ٥٦/٤ ميلا فى الساعة .

– أو الطاقة اللازمة لتشغيل مصعد يسع ٤ أشخاص ٢٠ دورة كاملة فى مبنى من ٤ طوابق .

وللحسابات العملية فتعرف الطاقة النووية والطاقة المائية الأولية بأنها تساوى الطاقة الكهربائية المقابلة المولدة مقسومة على ٠.٣٥ .

فمثلا ١ اكساجول من الطاقة النووية الأولية عند معامل حمل ٧٠٪ تقابل تقريبا ١٦ جيغاوات كهربى من سعة التوليد .

أما الخرج الكهربى الصافى فيعرف بأنه يساوى ٠.٨٥ من الخرج الكهربى الكلى ويساوى $٠.٨٥ \times ٠.٣٥ = ٠.٢٩٨$ من الطاقة الأولية الماخلة .

المراجع

مراجع بالعربية :

- ١ - وقائع مؤتمر مجلس بحوث الطاقة - أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا بمصر - مايو ١٩٧٣ .
- ٢ - وقائع المؤتمر الثاني لمجلس بحوث الطاقة - أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا بمصر - مايو ١٩٧٥ .
- ٣ - وقائع المؤتمر السنوى الأول لمجلس بحوث البترول والطاقة والثروة المعدنية - أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا بمصر - نوفمبر ١٩٨٠ .
- ٤ - البترول وانهيار الغرب - مجلة السياسة الدولية - عدد أكتوبر ١٩٨٠ .
- ٥ - بيان وزارة الكهرباء والطاقة بمناسبة انعقاد المؤتمر العام الثاني للحزب الوطنى الديمقراطى .
- ٦ - « ماذا تعرف عن المواد النووية فى شبه جزيرة سيناء ؟ » - دكتور فتحى محمد أحمد - مجلة العلم - العدد ٧٦ - يونيو ١٩٨٢ .
- ٧ - « الحديد فى أبحاث الطاقة الكهربائية » - دكتور محمود سرى طه - مجلة المهندسين - العدد الثانى ١٩٨٠ .
- ٨ - « تكنولوجيا تخزين الطاقة » - دكتور محمود سرى طه - مجلة العلم - العدد ٧٥ - مايو ١٩٨٢ .
- ٩ - « الطاقة على جرعات » - دكتور محمود سرى طه - مجلة العلم - العدد ٧٦ - يونيو ١٩٨٢ .
- ١٠ - « الدور النووى لحل مشاكل الطاقة » - دكتور محمود سرى طه - مجلة المهندسين - العدد السادس ١٩٨٥ .

مراجع بالانجليزية :

1. GOVET and GOVET, **WORLD Mineral Supplies**, Elsevier, 1976.
2. PRIEST, J. «Energy for Technological Society» Addison-Wesley, London, 1975.
3. GENERAL ELECTRIC «Nuclear Power Quick Reference» 1977.
4. **WORLD ENERGY RESOURCES, 1985-2020-The Energy Conference**, IPC Science and Technology Press, 1978.
5. RUBINSTEIN, E. «The Accident that Shouldn't have happened», IEEE Spectrum, November, 1979.
6. KAPLAN, G «Nuclear Power Around the World», Ibid.
7. RIPPON, S. «Nuclear Power in Western Europe», Ibid.
8. RIPPON, S. «Nuclear Power in Eastern Europe», Ibid.
9. KAPLAN «Nuclear Power in Japan», Ibid.
10. AEG, «Electrical Tables, and Engineering Informations.

الفهرست

٥	• • • • •	اهداء
٧	• • • • •	شكر وتقدير
٩	• • • • •	مقدمة
١٥	• • • • •	الباب الأول : الطاقة التقليدية
		الفصل الأول : عرض لأزمة الطاقة وبعثات حثها
١٧	• • • • •	واحواها
٣٤	• • • • •	الفصل الثاني : المعط
٥٣	• • • • •	الفصل الثالث : النار الطبيعي
٦٢	• • • • •	الفصل الرابع : المحم
٨٩	• • • • •	الفصل الخامس : الطاقة المائية
١٠٦	• • • • •	الفصل السادس : مصادر الطاقة التقليدية في مصر
١١٧	• • • • •	الفصل السابع : تكنولوجيا تخزين الطاقة
١٢٧	• • • • •	الباب الثاني : الطاقة النووية
١٢٩	• • • • •	الفصل الأول : تعريف بالطاقة النووية وتطوراتها في العالم
		الفصل الثاني : دور الطاقة النووية لحل مشكلة الطاقة
١٤٥	• • • • •	في العالم
١٥٣	• • • • •	الفصل الثالث : الوقود النووي
١٨١	• • • • •	الفصل الرابع : حول العالم مع الطاقة النووية
٢١٥	• • • • •	الفصل الخامس : مصر وعصر الطاقة النووية
		الفصل السادس : حادث المفاعل السوي بولاية بيسلفانيا
٢٢٤	• • • • •	الأمريكية
٢٣٧	• • • • •	تعريفات وردت في الكتاب
٢٣٩	• • • • •	المراجع بالعربية
٢٤٠	• • • • •	المراجع بالانجليزية
٢٤١	• • • • •	الفهرس

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع ٢٠٨٧/١٩٨٦

٦ - ٩٠٩ - ٠١ - ٩٧٧

يتناول الكتاب باين رئيسين هما :

الباب الأول عن الطاقة التقليدية : - وحرر في سبعة فصول تشمل عرضاً لأزمة الطاقة وتصورات حلها واحتوائها - النفط التقليدي وغير التقليدي - الغاز الطبيعي - الفحم - الطاقة المائية - مصادر الطاقة التقليدية في مصر ثم تكنولوجيا تخزين الطاقة .

والباب الثاني عن الطاقة النووية : - وحرر في ستة فصول تشمل التعريف بالطاقة النووية وتطوراتها في العالم . دور الطاقة النووية لحل مشكلة الطاقة في العالم - الوقود النووي وتقدير الطلب عليه . حول العالم مع الطاقة النووية مع عرض لمواقع وسعة المفاعلات القائمة والمزمع إقامتها - مصر وعصر الطاقة النووية مع مناقشة أسباب جتيمتها ، ثم تحليل لحادث وقع للمفاعل النووي بولاية بنسلفانيا الأمريكية .